



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN
DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR,
PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

JUAN ANTONIO TIGUA GONZÁLEZ
JEFFERSON ROMARIO MALAVÉ ROSALES

TUTOR

ING. JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA, PhD.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

**UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

**“MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA
MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN
PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

JUAN ANTONIO TIGUA GONZÁLEZ

JEFFERSON ROMARIO MALAVÉ ROSALES

TUTOR:

ING. JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA, PhD.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Juan Antonio Tigua González** y **Jefferson Romario Malavé Rosales**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos MSc.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing.

Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”, elaborado por JUAN ANTONIO TIGUA GONZÁLEZ y JEFFERSON ROMARIO MALAVÉ ROSALES estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Juan Antonio Tigua González** y **Jefferson Romario Malavé Rosales**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, “**MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

AUTORES:

f. Juan Tigua G.

Juan Antonio Tigua González

f. Jefferson ...

Jefferson Romario Malavé Rosales

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Juan Antonio Tigua González** y **Jefferson Romario Malavé Rosales**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación “**MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 8 días del mes de diciembre del año 2025

AUTORES:

f. Juan Tigua g.
Juan Antonio Tigua González

f. Jefferson
Jefferson Romario Malavé Rosales

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**Modelo de cadena de suministro para la maximización de la producción de larvas en PRICMAR S.A., Palmar, Provincia de Santa Elena**” elaborado por **Juan Antonio Tigua González y Jefferson Romario Malavé Rosales**, egresados de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente Trabajo de Integración Curricular, se encuentra con un 2% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

The screenshot shows the COMPILATIO analysis interface. At the top left is the logo 'INFORME DE ANÁLISIS magister'. The document title is 'TRABAJO DE TITULACIÓN_TIGUA-GONZALEZ_MALAVÉ ROSALES 2025-2'. A central graphic displays '2%' in green, labeled 'Textos sospechosos'. To the right, a list of categories includes: '1% Similitudes', '2% Idiomas no reconocidos (ignorado)', and '1% Textos potencialmente generados por IA'. Below the graphic, a table provides document details:

Nombre del documento: TRABAJO DE TITULACIÓN_TIGUA-GONZALEZ_MALAVÉ ROSALES 2025-2.docx	Depositante: JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA	Número de palabras: 40.326
ID del documento: a7c65ce61e689a6c09629d9ef17cd0827c0e4	Fecha de depósito: 4/12/2025	Número de caracteres: 271.810
Tamaño del documento original: 13,37 MB	Tipo de carga: imparte	
	Fecha de fin de análisis: 4/12/2025	

Atentamente,

f. 
Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniero Industrial, con el tema: **“MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**. Ha sido desarrollado por los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial: **JUAN ANTONIO TIGUA GONZÁLEZ** y **JEFFERSON ROMARIO MALAVÉ ROSALES** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.
Magister en Educación Básica
Correo: misabelp1017@gmail.com
C.C: 0605353143
Celular: 0969917044

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi fuente de fortaleza, sabiduría y esperanza a lo largo de todo este proceso.

A mis padres, Fidel Malavé y Sonia Rosales, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante me han impulsado a alcanzar cada una de mis metas.

A mis hermanos, que han sido compañía, motivación y refugio en los momentos más importantes de mi vida.

Extiendo también esta dedicatoria a mi tutor, Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD y a mi especialista, Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua, cuyas enseñanzas, guía y compromiso académico han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos les entrego esta dedicatoria, fruto del esfuerzo y la perseverancia compartida.

Jefferson Romario Malavé Rosales

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a la empresa Pricmar S.A., que me dio la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación, así como haber proporcionado los datos necesarios para la elaboración de este, a los docentes de la carrera de ingeniería industrial por impartir sus conocimientos en el transcurso de los semestres ayudando a expandir mis capacidades, por consiguiente, al tutor docente y especialista, por sus respectivas correcciones y recomendaciones que permitieron culminar con éxito mi tesis. No se puede evitar mencionar gratitud a los amigos que se han formado con el tiempo: Jefferson M, Pablo G, Alberth V, Marlon P, Carmen L, Melanie J, Evelyn V, por estar siempre pendiente con ese apoyo recíproco para superar cada obstáculo con motivación y dedicación, por último, a todos aquellos que de una u otra manera influyeron para lograr este objetivo académico.

Juan Antonio Tigua González

DEDICATORIA

Agradezco profundamente a Dios, quien con su amor y misericordia me ha permitido llegar hasta este punto, brindándome claridad, paciencia y fortaleza en cada etapa del camino.

Manifiesto mi gratitud a mis padres, Fidel Malavé y Sonia Rosales, por su apoyo inquebrantable, por su ejemplo de lucha y dedicación, y por ser la base sólida sobre la cual he construido mis sueños.

A mis hermanos, por estar siempre presentes, alentándome y compartiendo conmigo cada triunfo y cada desafío.

Expreso además mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD, por su orientación académica y por caminar conmigo durante la construcción de este proyecto.

Del mismo modo, agradezco a mi especialista, Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua, por su experiencia, sus valiosos aportes y su disposición constante para guiarme. A todos ustedes, gracias por ser parte esencial de este logro.

Jefferson Romario Malavé Rosales

DEDICATORIA

Con mucha satisfacción, expreso esta emotiva dedicatoria, dirigida primeramente al todo poderoso por permitirme la existencia, a mis padres Ramona González y Kelvin Tigua que han sido ejemplo de perseverancia y apoyo incondicional en mi preparación, a mis hermanas: Jessica, Mayra, Flor y Ana Tigua, por su continua predisposición de ayuda en cualquier situación que se ha presentado, también de manera especial a mi compañera de vida Janeth Mejillón que ha representado un soporte en este camino de preparación. También a la familia de mi pareja, así como a mis tíos, abuelos y parientes en general, que han contribuido con algún aporte e impulsado a llegar hasta esta etapa de mi formación académica.

Juan Antonio Tigua González

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, MSc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. 


Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua, Mgtr.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Marco Vinicio Bermeo García, Mgtr.

DOCENTE UIC

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	V
AUTORIZACIÓN	VI
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	VII
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	VIII
AGRADECIMIENTOS.....	IX
DEDICATORIA	XI
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	XIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIX
RESUMEN	XX
ABSTRACT.....	XXI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes investigativos.....	5
1.2. Revisión literaria.....	6
1.3. Estado conceptual	7
1.3.1. Modelo de cadena de suministro.....	7
1.3.2. Producción de larvas	8

CAPÍTULO II.....	13
DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	13
2.1. Métodos de investigación	13
2.2. Tipo y diseño de Investigación	13
2.3. Población y muestra.....	15
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
2.4.1. Métodos de recolección de los datos.....	16
2.4.2. Técnicas de recolección de los datos.....	17
2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos.....	20
2.5. Diagnóstico de la situación problemática	25
2.5.1. Etapa 1: Recolección de datos.....	25
2.5.2. Etapa 2: Análisis de la cadena de suministro	43
CAPÍTULO III.....	62
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
3.1. Alternativas de solución.....	62
3.2. Implementación de la propuesta	63
3.2.1. Propuesta macroproceso 1: Planificar (Plan)	63
3.2.2. Diseño del modelo SCOR para la empresa Pricmar S.A.	70
3.2.3. Modelo matemático de la situación actual	73
3.2.4. Modelo matemático de la situación propuesta	76
3.2.5. Modelo matemático detallado (MILP).....	77
3.3. Justificación económica	82
3.4. Justificación ambiental.....	84
3.5. Justificación social	85
3.6. Análisis comparativo	85
3.7. Planning de control y seguimiento.....	89
3.8. Marco de discusión	91
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores específicos en relación con el bienestar del camarón.....	9
Tabla 2. Personal de Pricmar S.A.	10
Tabla 3. Personal de la empresa Pricmar S.A.	16
Tabla 4. Puntuación de la medición del coeficiente Omega de McDonald.	24
Tabla 5. Valor Kaiser - Meyer - Olkin (KMO).....	25
Tabla 6. Diseño de las preguntas del cuestionario.	27
Tabla 7. Respuestas del instrumento de recolección de datos	29
Tabla 8. Etapas de la creación del cuestionario.	30
Tabla 9. Resumen juicio por expertos.....	33
Tabla 10. Coeficiente de Omega de McDonald.	34
Tabla 11. Prueba de KMO y Barlett.	35
Tabla 12. Estadísticos de prueba de Kendall.	36
Tabla 13. Tabulación de datos obtenidos.....	37
Tabla 14. Correlación de Pearson.	42
Tabla 15. Descripción de los macroprocesos en Pricmar S.A.	44
Tabla 16. Diagrama de flujo de procesos "Planificar".....	46
Tabla 17. Diagrama de flujo de procesos "Aprovisionar".	47
Tabla 18. Diagrama de flujo de procesos "Producir".....	48
Tabla 19. Diagrama de flujo de procesos "Distribuir".....	50
Tabla 20. Diagrama de flujo de procesos "Retornar Gestión de Residuos".	51
Tabla 21. Diagrama de flujo de procesos "Retornar Devoluciones".	52
Tabla 22. Categorías y subcategorías.....	55
Tabla 23. Categoría Planificación general de la cadena de suministro.....	58
Tabla 24. Categoría Planificación del aprovisionamiento.	58
Tabla 25. Categoría Aprovisionamiento.	59
Tabla 26. Categoría Producción.....	59
Tabla 27. Categoría Distribución.....	60
Tabla 28. Categoría Retorno.	60
Tabla 29. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Planificar".	64

Tabla 30. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Aprovisionar".	65
Tabla 31. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Producir".	66
Tabla 32. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Distribuir".	67
Tabla 33. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Gestión de Residuos".	68
Tabla 34. Propuesta diagrama de flujo de procesos "Devoluciones".	69
Tabla 35. Variables y parámetros.	73
Tabla 36. Valores reales utilizados en modelo matemático de la situación actual.	75
Tabla 37. Modelo SCOR adaptado al proceso productivo.	77
Tabla 38. Conjuntos y parámetros.	77
Tabla 39. Resultados del modelo matemático.	80
Tabla 40. Análisis de sensibilidad.	82
Tabla 41. Presupuesto de implementación del modelo.	83
Tabla 42. Contribución a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).	84
Tabla 43. Análisis comparativo diagrama de flujo de procesos inicial vs propuesta.	86
Tabla 44. Análisis comparativo situación actual vs propuesta.	87
Tabla 45. Comparación de indicadores entre la situación promedio actual y la propuesta.	88
Tabla 46. Planning de control.	89
Tabla 47. Preguntas de investigación basadas en la variable "cadena de suministro".	111
Tabla 48. Cadena de búsqueda en Scopus, WoS y ScienceDirect.	111
Tabla 49. Determinación de los criterios de inclusión y exclusión.	113
Tabla 50. Bases de datos y cadena de búsqueda.	113
Tabla 51. Datos extraídos de los artículos seleccionados.	114
Tabla 52. Matriz referencial de artículos seleccionados en el mapeo sistemático método PRISMA.	116
Tabla 53. Total de artículos por base de datos.	119
Tabla 54. Países con mayor aportación científica en base al tema de estudio.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Selección de artículos de investigación incluidos en el mapeo sistemático.....	7
Figura 2. Diseño transversal de la metodología.....	8
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso productivo de Pricmar S.A.....	11
Figura 4. Organigrama estructural de Pricmar S.A.	12
Figura 5. Fases de la metodología para la validación de instrumento.	18
Figura 6. Criterios de inclusión y exclusión.	21
Figura 7. Estructura del instrumento de recolección de datos.	31
Figura 8. Ítems de variable independiente.	39
Figura 9. Ítems de la variable dependiente.	40
Figura 10. Configuración de las categorías de los procesos de la cadena.	56
Figura 11. Elementos del tercer nivel de la cadena de suministro.....	61
Figura 12. Protocolo final de investigación.	62
Figura 13. Modelo SCOR Pricmar S.A.	71
Figura 14. Simulación situación actual.....	76
Figura 15. Simulación situación propuesta.....	81
Figura 16. Etapas del MSL método PRISMA.	110
Figura 17. Selección de artículos de investigación incluidos en el mapeo sistemático.....	115
Figura 18. Distribución geográfica de las investigaciones seleccionadas.	119
Figura 19. Países más citados en base al tema de estudio.	121
Figura 20. Producción de los países a lo largo del tiempo.	121
Figura 21. Nube de palabras de los estudios extraídos.	122
Figura 22. Palabras más frecuentes de los estudios extraídos.	123
Figura 23. Análisis de coocurrencia.	123
Figura 24. Frecuencia de las metodologías aplicadas en los artículos extraídos.....	124
Figura 25. Frecuencia de técnicas utilizadas en los artículos extraídos.....	125
Figura 26. Frecuencia de instrumentos utilizados en los artículos extraídos.....	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estado del arte.....	109
Anexo 2. Operacionalización de las variables.....	126
Anexo 3. Diseño de las preguntas del instrumento de recolección de datos.....	127
Anexo 4. Diseño de las respuestas del cuestionario (escala Likert).....	128
Anexo 5. Instrumento de recolección de datos - cuestionario.....	129
Anexo 6. Ficha de validación por juicio de expertos del cuestionario.....	130
Anexo 7. Validación experto 1.....	131
Anexo 8. Validación experto 2.....	131
Anexo 9. Validación experto 3.....	132
Anexo 10. Validación experto 4.....	132
Anexo 11. Validación experto 5.....	133
Anexo 12. Tabulación de datos en IBM SPSS Statistics 25.....	133
Anexo 13. Coeficiente Omega de McDonald.....	134
Anexo 14. Prueba KMO y Barlett.....	134
Anexo 15. Estadísticos de prueba Kendall.....	135
Anexo 16. Correlación de Pearson.....	135
Anexo 17. Ciclo Julio Pricmar S.A.....	136
Anexo 18. Scorecard propuesto para control y seguimiento.....	136
Anexo 19. Cronograma de implementación del modelo SCOR.....	137
Anexo 20. Relación entre fórmulas matemáticas y código Python (PuLp).....	138
Anexo 21. Modelo matemático de la situación actual de la empresa.....	139
Anexo 22. Ejecución del modelo matemático de la situación actual de la empresa.....	139
Anexo 23. Modelo matemático para la maximización de producción de larvas.....	140
Anexo 24. Ejecución del modelo matemático.....	140
Anexo 25. Aplicación de instrumento de recolección de datos.....	141
Anexo 26. Observación directa para recolectar información.....	141
Anexo 27. Aplicación de entrevista.....	142
Anexo 28. Tanques de producción de larvas.....	142

“MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Juan Antonio Tigua González

Jefferson Romario Malavé Rosales

Tutor: Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD

RESUMEN

El presente estudio, tuvo como objetivo diseñar y aplicar un modelo de optimización basado en el enfoque SCOR (Supply Chain Operations Reference) para incrementar la eficiencia productiva y económica del proceso larvario de la empresa. Se desarrolló una investigación de tipo descriptiva–cuantitativa, sustentada en encuestas al personal técnico, análisis documental y simulaciones computacionales. El diagnóstico inicial evidenció deficiencias en la planificación y distribución de recursos, con una producción promedio de 720000 larvas vivas por ciclo y un gasto de \$4200, equivalente al 96.4 % del presupuesto disponible. Con la implementación del modelo propuesto, formulado mediante programación lineal entera mixta (MILP) y ejecutado en Python (PuLP), se logró una redistribución óptima de la siembra por tanque, obteniendo una producción de 1008000 larvas vivas y una reducción de costos del 8.6%, alcanzando un costo unitario de \$3.81 por mil larvas. El modelo se implementó bajo los macroprocesos del SCOR (Plan, Source, Make, Deliver, Return), complementado con indicadores KPI y un planning de control para seguimiento continuo. La inversión estimada para la implementación fue de \$3350, con un periodo de recuperación de un mes, generando ahorros y mayor rentabilidad operativa. En conclusión, el modelo de cadena de suministro optimizado constituye una herramienta eficaz para maximizar la productividad larvaria, reducir costos y fortalecer la sostenibilidad económica, ambiental y social de Pricmar S.A.

Palabras clave: cadena de suministro, producción de larvas, SCOR, MILP.

“SUPPLY CHAIN MODEL FOR MAXIMIZING LARVA PRODUCTION AT PRICMAR S.A., PALMAR, SANTA ELENA PROVINCE”

Authors: Juan Antonio Tigua González

Jefferson Romario Malavé Rosales

Tutor: Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD

ABSTRACT

The objective of this study was to design and apply an optimization model based on the SCOR (Supply Chain Operations Reference) approach to increase the productive and economic efficiency of the company's larval process. A descriptive-quantitative research study was conducted, based on surveys of technical staff, document analysis, and computer simulations. The initial diagnosis revealed deficiencies in resource planning and distribution, with an average production of 720000 live larvae per cycle and an expenditure of \$4200, equivalent to 96.4% of the available budget. With the implementation of the proposed model, formulated using mixed integer linear programming (MILP) and executed in Python (PuLP), an optimal redistribution of stocking per tank was achieved, obtaining a production of 1008000 live larvae and a cost reduction of 8.6%, reaching a unit cost of \$3.81 per thousand larvae. The model was implemented under the SCOR macro-processes (Plan, Source, Make, Deliver, Return), complemented by KPIs and a control plan for continuous monitoring. The estimated investment for implementation was \$3350, with a recovery period of one month, generating savings and greater operational profitability. In conclusion, the optimized supply chain model is an effective tool for maximizing larval productivity, reducing costs, and strengthening the economic, environmental, and social sustainability of PRICMAR S.A.

Keywords: *supply chain, larvae production, SCOR, MILP.*

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la acuicultura se ha posicionado como uno de los sectores alimentarios con un mayor crecimiento, aportando de manera significativa a la seguridad alimenticia y a la economía global. La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (Food and Agriculture Organization - FAO, 2025) indica que más del 50 % de los productos acuáticos destinados al consumo humano provienen de cultivos, reflejando una tendencia sostenida hacia la producción acuícola. Este crecimiento se logró gracias a la adopción de tecnologías avanzadas como sistemas de recirculación de agua, monitoreo digital y mejoramiento genético que aumentan la productividad y sostenibilidad del cultivo (Ashraf-Rather et al., 2024). Por ejemplo, en China, la industria acuícola registró un crecimiento promedio de 1.35 % en la productividad total de los factores entre 2010 y 2018, pese a una caída del 1.86 % en el cambio técnico, lo que resalta la necesidad de fortalecer la capacitación y la gestión para mantener la productividad a largo plazo (Li et al., 2025).

En Hispanoamérica se determinó que uno de los problemas que más destaca es el alto costo de los insumos alimenticios, el cual representa entre el 40 % al 65 % de los gastos de producción, impactando directamente en la viabilidad económica en las granjas de producción (Gonçalves-Junior et al., 2025). Este crecimiento se apoyó en la certificación de procesos, adopción de buenas prácticas y fortalecimiento de las capacidades logísticas que permiten asegurar la calidad y la trazabilidad del camarón exportado como lo indica (Suárez-Zaruma et al., 2023). Estudios recientes evidencian que la implementación de sistemas de gestión de cadenas de suministro y herramientas de mejora continua permite a las empresas optimizar sus procesos productivos, fortalecer la competitividad y garantizar productos de alta calidad en los mercados internacionales (Loor-Moreira et al., 2023).

En Ecuador, la optimización productiva en laboratorios de larvas de camarón busca mejorar la producción mediante la identificación de problemáticas internas y la aplicación de herramientas de gestión de la cadena de suministro (Reyes & Tomalá, 2023). La adecuada gestión de la calidad del agua en laboratorios de larvas impacta directamente en la supervivencia, alcanzando hasta un 90 % bajo parámetros óptimos de 0.1 mg/L de amonio tóxico, 33 °C de temperatura y pH 8.0 (Lema-Navarro, 2023). Por otro lado, el país se ha consolidado como uno de los principales productores y exportadores de camarón a nivel mundial, con un 84 % de su producción destinada a la exportación y el 16 % restante al consumo nacional (Rimbaldo-Luzon et al., 2024). En términos cuantitativos, las exportaciones

de camarón de Guayas representaron en 2022 el 32 % de las exportaciones no petroleras en Ecuador, con un crecimiento del 128 % en valor FOB (Free On Board) y en toneladas en comparación con el año anterior (Armijos-Sánchez, 2023).

Se determinó que la provincia de Santa Elena aporta más del 20 % de la producción larvaria nacional, gracias a sus condiciones climáticas, infraestructura especializada y experiencia técnica (MPCEIP, 2024). El estudio de Sánchez-Granda (2025) identificó que los costos más significativos corresponden a la alimentación y energía, mientras que engorde y cosecha concentraron la mayoría de los gastos operativos. Asimismo, la producción de camarón se concentra principalmente en los cantones costeros: Salinas, La Libertad y Santa Elena. Estos cantones aportan colectivamente alrededor del 20 % de la producción a nivel nacional. Esta producción se logra a través de laboratorios especializados que aplican tecnologías como la recirculación del agua, control de temperatura y salinidad, y manejo preciso de la alimentación de nauplios postlarvas (Gómez & Rodríguez, 2023).

En este contexto, la empresa Pricmar S.A., ubicada en la comuna Palmar, provincia de Santa Elena, enfrenta dificultades relacionadas con la eficiencia operativa y el abastecimiento oportuno de recursos, factores que limitan la capacidad de maximizar su producción de larvas de camarón. Actualmente, la ausencia de un modelo formal de cadena de suministro genera cuellos de botella en el flujo de materiales, insumos y procesos críticos, lo que repercute en la planificación, la productividad y la calidad del producto final. Esta situación no solo afecta el cumplimiento de la demanda de los clientes, sino que también incrementa los costos operativos y reduce la competitividad de la empresa frente a otros laboratorios del sector. En consecuencia, se evidencia la necesidad de diseñar e implementar un modelo integral de cadena de suministro que permita optimizar los procesos y mejorar la gestión de recursos.

Objetivos:

Objetivo general

Modelizar la cadena de suministro para la maximización de la producción de larvas en Pricmar S.A. Palmar, provincia de Santa Elena.

Objetivos específicos

- Realizar un estado del arte mediante el método mapeo sistemático de la literatura (MSL) para que respalde el impacto de la cadena de suministro en la producción de larvas.

- Identificar los factores de riesgo de la cadena de suministro a través de la utilización de herramientas e instrumentos necesarios que permita el sustento del modelo propuesto.
- Evaluar el impacto del modelo propuesto en la cadena de suministro mediante el análisis de indicadores clave que permitan la maximización de producción de larvas.

Justificación

Modelar la cadena de suministro en la producción de larvas de camarón resulta **importante**, pues de ello depende la adecuada gestión de recursos, la eficiencia de los procesos y la calidad del producto, factores que inciden directamente en la competitividad del sector acuícola (Gonzabay-Crespin et al., 2021). La aplicación de un modelo integral permite optimizar el flujo de materiales, reducir tiempos de espera y garantizar la trazabilidad en cada etapa productiva, lo que contribuye a mejorar la productividad y a responder con mayor eficacia a las exigencias del mercado nacional e internacional (Alvarado-Barrera et al., 2024). De esta manera, se busca que la provincia de Santa Elena y sus laboratorios larvarios fortalezcan su papel estratégico en el desarrollo económico y se consoliden como referentes en innovación y sostenibilidad dentro de la industria camaronera.

La implementación de un modelo de cadena de suministro en Pricmar S.A., **trasciende** en el beneficio interno de la organización, también representa un aporte al sector larvario de la provincia de Santa Elena y del país. Este tipo de modelos permite ordenar y optimizar los procesos logísticos y operativos, incrementando la eficiencia productiva y reduciendo desperdicios (Rodríguez-Balón, 2023). Por otro lado, la incorporación de prácticas sostenibles, permiten a las empresas mejorar su rentabilidad sin descuidar los impactos sociales y ambientales, favoreciendo la adopción de buenas prácticas replicables en diferentes industrias (Shekarian et al., 2023). En este sentido, los resultados de esta investigación pueden servir como guía para otros laboratorios de larvas y empresas acuícolas, contribuyendo no solo al fortalecimiento del sector camaronero ecuatoriano, sino también al desarrollo económico y social de la región.

La **originalidad** del presente estudio se fundamenta en trasladar metodologías de gestión de la cadena de suministro, habitualmente aplicadas en industrias manufactureras hacia el sector larvario camaronero, un ámbito donde aún existen limitadas investigaciones sobre su implementación (Mosallanezhad et al., 2021). Para ello, se propone el modelado integral de la cadena como eje central, articulando enfoques de planificación, control de procesos y logística adaptados a las particularidades de la producción larvaria (Pérez-Lechuga et al., 2024). Esta

innovación busca no solo optimizar los costos y la eficiencia operativa en Pricmar S.A., además, genera un referente replicable para otros laboratorios del país, con el fin de fortalecer la competitividad y sostenibilidad del sector camaronero.

La **viabilidad** de esta investigación se sustenta en que Pricmar S.A., dispone de apertura institucional para la implementación de mejoras, así como de registros históricos de producción y consumo de insumos que facilitan el análisis de la demanda y la gestión de inventarios. Para llevar a cabo la propuesta, se emplea el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference), una metodología reconocida internacionalmente para el diseño. Diagnóstico y optimización de cadenas de suministro en diferentes sectores productivos (Silva-Herrera & Gallegos-Falla, 2024). Este enfoque, por su estructura flexible y adaptable, permite su aplicación en empresas acuícolas con bajos requerimientos de inversión. Además, estudios recientes evidencian que la implementación del modelo SCOR contribuye a identificar cuellos de botella, fortalecer la coordinación con proveedores y optimizar el uso de los recursos, lo que se traduce en mejoras significativas en la eficiencia logística (Cabezas et al., 2024). De este modo, la investigación no solo es factible en términos operativos y metodológicos, sino que también ofrece un marco práctico para incrementar la competitividad del sector larvario.

Existen dos tipos de beneficiarios del estudio: directos e indirectos. Los **beneficiarios directos** son Pricmar S.A., y su personal, quienes contarán con un modelo de cadena de suministro que permite optimizar los procesos logísticos y operativos con el objetivo de incrementar la eficiencia, reducir tiempos y mejorar la rentabilidad de la empresa. Los **beneficiarios indirectos** incluyen a los clientes, quienes cuentan con pedidos más planificados y constantes; y a la comunidad de Palmar, que se beneficia del fortalecimiento económico y generación de empleo derivada de una operación más eficaz.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

El estudio de Pazmiño et al., (2025) se desarrolló mediante una metodología de revisión documental, empleando como técnica el análisis del ciclo de vida (ACV) para examinar investigaciones relacionadas con la producción larvaria. El instrumento utilizado fue una matriz comparativa de categorías de impacto ambiental (cambio climático, eutrofización y acidificación), aplicada a estudios que abarcaban desde los criaderos hasta la fase de entrada en la granja. Los resultados permitieron identificar puntos críticos en la cadena productiva, principalmente la formulación de alimentos y el consumo energético en granja, mientras que pocos trabajos abordaron el manejo de residuos. Se dispuso que el ACV aporta información estratégica para optimizar procesos y materiales en la cadena de valor, resaltando la necesidad de aplicar modelos integrales de gestión que favorezcan la eficiencia y sostenibilidad en la producción larvaria.

Yeni et al., (2025) llevaron a cabo su investigación a través de una metodología de mejora continua, en la que se aplicaron como técnicas la programación estocástica de dos etapas: enfoque “lean” y el diseño de experimentos (DoE). Los instrumentos empleados incluyeron modelos de simulación estocástica para el transporte y la gestión de productos, junto con herramientas “lean” para evaluar la confiabilidad de los procesos. Por lo tanto, se mostró que la integración de “lean” con programación estocástica fortalece la resiliencia de la cadena de suministro frente a interrupciones severas, al tiempo que mejora la eficiencia operativa. Se determinó que el uso de metodologías integradas de mejora continua y herramientas “lean” favorece la optimización en la gestión de insumos y la continuidad de la producción, siendo aplicable al sector larvario de camarón, donde la planificación y gestión de riesgos resultan esenciales para mantener ciclos productivos eficientes.

Cabezas et al., (2024) aplicaron un enfoque mixto, en el cual combinaron técnicas cualitativas y cuantitativas como entrevistas, observación directa y análisis documental. Los instrumentos empleados fueron guías de entrevistas, fichas de observación y matrices de análisis de procesos. La investigación utilizó el modelo SCOR, estructurado en tres niveles: identificación de procesos principales, descomposición en categorías específicas y descripción de elementos de cada proceso. De esta manera, se evidenciaron deficiencias en las áreas de

“Planificación, Aprovechamiento, Producción, Distribución y Devoluciones”, lo que permitió establecer oportunidades de mejora en la gestión logística. Se determinó que el modelo SCOR constituye una herramienta sólida para optimizar la cadena de suministro, logrando mayor eficiencia y reducción de costos, con posibilidades de adaptación al sector larvario de camarón para fortalecer la planificación de insumos y la eficiencia productiva.

1.2. Revisión literaria

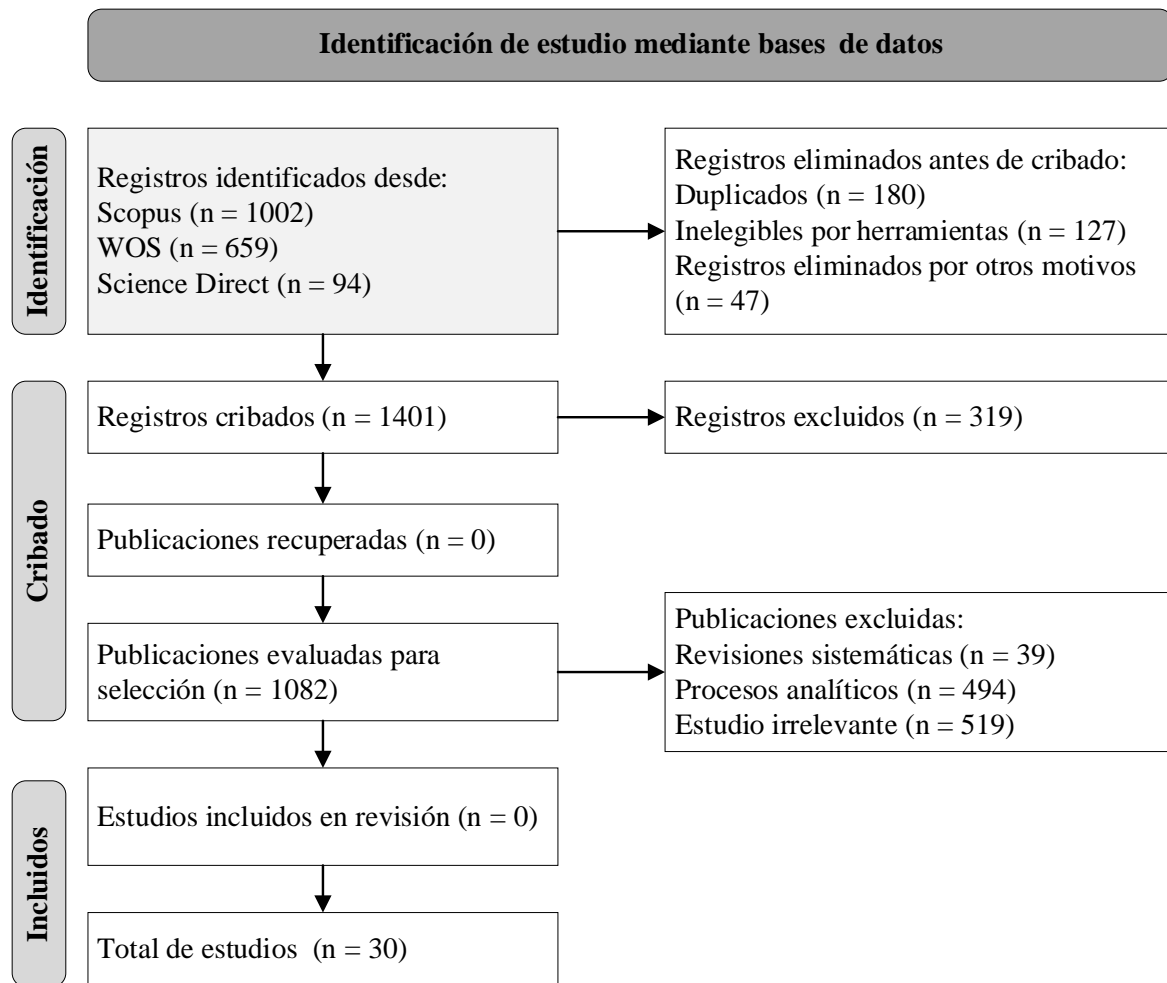
Para Múzquiz-Flores & Ramírez-Montoya, (2023), el mapeo sistemático de la literatura brinda una selección cuidadosa de investigaciones de la elaboración de un tema en específico, el cual posibilita a investigadores y lectores interesados el trazado de rutas de indagación más concretas. Este método permite clasificar y organizar la información relevante de forma estructurada, con la finalidad de identificar las áreas de mayor desarrollo y cuáles requieran de mayor atención investigativa. En este sentido, el mapeo sistemático resulta fundamental para delimitar la revisión literaria en base a modelos de cadena de suministro en la producción acuícola, especialmente en el segmento larvario, lo que garantiza un marco teórico sustentado con evidencia actual.

Se realizó una búsqueda absoluta en las bases de datos Scopus, Web of Science (WoS) y ScienceDirect, considerando únicamente artículos científicos publicados entre 2023 y 2025. Para garantizar la pertinencia de los resultados, aplicaron filtros relacionados con el tipo de documento. El idioma (inglés y español), el acceso abierto y la temática vinculada directamente al modelo de cadena de suministro. La estrategia de búsqueda incluyó el uso de términos clave como “supply chain” y “supply chain model”, aplicados en títulos, resúmenes y palabras clave, lo que permitió focalizar la identificación de estudios de interés. La aplicación de esta cadena de búsqueda posibilitó delimitar la información de manera precisa, asegurando que los estos estudios estén directamente relacionados con el campo de la ingeniería industrial y el análisis de modelos de cadena de suministro. De esta forma, se logra construir un conjunto de datos confiable que sirve como base para el análisis posterior.

Como se muestra en la Figura 1, durante el proceso de cribado se identificaron y eliminaron 180 artículos duplicados, 21 por inelegibilidad de herramientas y 5 por otros motivos, mientras que de los documentos restantes se clasificaron 12 revisiones sistemáticas, 21 artículos de procesos analíticos y 35 estudios irrelevantes, quedando un total de 30 artículos seleccionados para la extracción de datos.

Figura 1.

Selección de artículos de investigación incluidos en el mapeo sistemático.



Nota. Elaborado por los autores.

Con el desarrollo del mapeo sistemático de la literatura se consigue la selección de artículos con relación al tema de investigación que al mismo tiempo es analizada y desglosada la información requerida como es el interés del campo científico, las técnicas y herramientas obtenidas, por lo tanto, se estructura el protocolo que va a tener el estudio en base a los resultados de las metodologías aplicadas.

1.3. Estado conceptual

1.3.1. Modelo de cadena de suministro

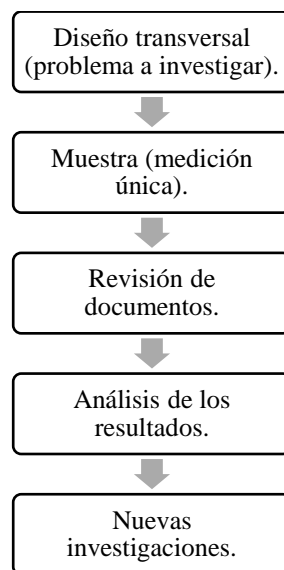
El estudio de Ruiz-López (2024) se enfocó en analizar las estrategias de gestión de la cadena de suministro en un entorno global, identificando los enfoques clave que logren incrementar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones logísticas. Gracias a una

revisión bibliográfica el estudio determinó las técnicas más relevantes sobre la gestión de la cadena de suministro, permitiendo identificar tecnologías como blockchain para el mejoramiento de la eficiencia operativa y la sostenibilidad mediante la Gestión de Residuos y reducción de la huella de carbono. La gestión efectiva de la cadena de suministro requiere colaboración empresarial para afrontar los desafíos globales y capitalizar oportunidades.

Para Flores Carvajal (2021) es importante elaborar una estrategia de gestión de la cadena de suministro, en especial para MIPYMES del sector agrícola y acuícola ecuatoriano. Gracias a la investigación, se identificó un alto nivel de pertinencia en los indicadores seleccionados para la estrategia de gestión, permitiendo estructurar la base de evidencia, de esta manera, la estrategia de gestión de cadena de suministro responde a las necesidades detectadas en las pequeñas empresas y se sustenta en la validación de indicadores relevantes que permitan una mejor organización.

Figura 2.

Diseño transversal de la metodología.



Nota. Elaborado por los autores.

1.3.2. Producción de larvas

Tanjung et al., (2022) indica que la producción de larvas de camarón constituye un proceso esencial dentro de la acuicultura intensiva, cuyo objetivo principal es maximizar el rendimiento del cultivo garantizando condiciones óptimas de crecimiento. Entre los indicadores comúnmente evaluados se encuentran la tasa de crecimiento específico (SGR) y el

crecimiento diario promedio (ADG), los cuales permiten medir la productividad del sistema. Estos parámetros se ven influenciados por factores como la calidad de las larvas, las concentraciones de nitritos, la tasa de supervivencia y la conversión alimenticia. La mejora en estos resultados productivos es posible mediante el ajuste de estrategias y la aplicación de herramientas que favorezcan la obtención de niveles óptimos en el cultivo intensivo.

Así mismo, Supriyono et al., (2021) establece que la producción de larvas de camarón *Litopenaeus vannamei* en la etapa de crianza requiere optimizar las condiciones ambientales y nutricionales con el fin de mejorar el rendimiento y la supervivencia. Un aspecto clave es el control de los tanques de cultivo, ya que factores como el color del agua inciden positivamente en la eficiencia de la conversión alimenticia, favoreciendo un desarrollo uniforme y saludable de las larvas. Este manejo estricto durante la fase de crianza facilita la obtención de postlarvas robustas, lo que incrementa la productividad del sistema de cultivo.

Finalmente, Pedrazzani et al., (2023) destacan cuatro dominios esenciales para garantizar el bienestar del camarón *Penaeus vannamei*: nutrición, ambiente, salud y comportamiento. Estos ámbitos permiten evaluar, de manera indirecta, el estado de la especie a través de indicadores específicos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Indicadores específicos en relación con el bienestar del camarón.

Dominio	Indicadores
Medio ambiente	Calidad del agua, temperatura, pH, salinidad, alcalinidad, densidad de población.
Salud	Enfermedad, exoesqueleto, antenas, mortalidad.
Nutricional	Frecuencia, cantidad y distribución de alimentos, proteínas.
Comportamiento	Frecuencia respiratoria, ingesta de alimentos, comportamiento, manipulación.

Nota. Elaborado por los autores en base a (Pedrazzani et al., 2023).

1.4. Descripción del sistema productivo actual

El sistema productivo actual del laboratorio de larvas Pricmar S.A., se centra en la etapa de desarrollo larvario, desde la recepción de nauplios hasta la distribución de postlarvas a otras camarонерías de la región costera. El proceso tiene una duración aproximada de 25 días y se desarrolla en varias etapas que incluyen aclimatación, siembra, alimentación y seguimiento del crecimiento larvario.

Proveedores

La totalidad de los nauplios es suministrada por Texcumar S.A., garantizando la disponibilidad de materia prima para el inicio de la producción.

Proceso productivo

1. Desembarque y aclimatación

- Los nauplios llegan al laboratorio en fundas.
- Durante 20 a 30 minutos, se aclimatan a la temperatura del tanque (32–33 °C) y la salinidad adecuada (32 ppm).
- En este periodo se abren las fundas para liberar los nauplios en los tanques de cultivo.

2. Siembra

- Se siembran 100 nauplios por litro, correspondientes a la última etapa de nauplios (nauplio 5).
- Esta etapa marca el inicio del desarrollo larvario en condiciones controladas.

3. Alimentación y desarrollo larvario

- Las larvas reciben alimento cada 3 a 4 horas, desde la etapa Mysis I hasta Mysis III.
- El desarrollo larvario incluye las etapas Mysis I, II y III, hasta alcanzar la etapa de postlarva.

4. Cosecha y distribución

- Tras una semana de desarrollo en la etapa final, las postlarvas (hasta el tamaño de Pelequinca) se transfieren a otras camaroneras.
- La distribución se realiza a nivel nacional, únicamente en la costa, debido a las condiciones ambientales requeridas para la reproducción.

Personal involucrado

El laboratorio cuenta con 28 trabajadores, organizados de la siguiente manera:

Tabla 2.

Personal de Pricmar S.A.

Cargo	Cantidad	Funciones principales
Operarios de producción	6	Manejo de tanques, alimentación de larvas, control de parámetros.

Técnicos	2	Monitoreo de agua, control de calidad, asistencia en procesos de siembra.
Biólogo	1	Supervisión científica del desarrollo larvario, análisis de indicadores de crecimiento y supervivencia.
Otros empleados	19	Apoyo en logística, limpieza, mantenimiento y administración general.

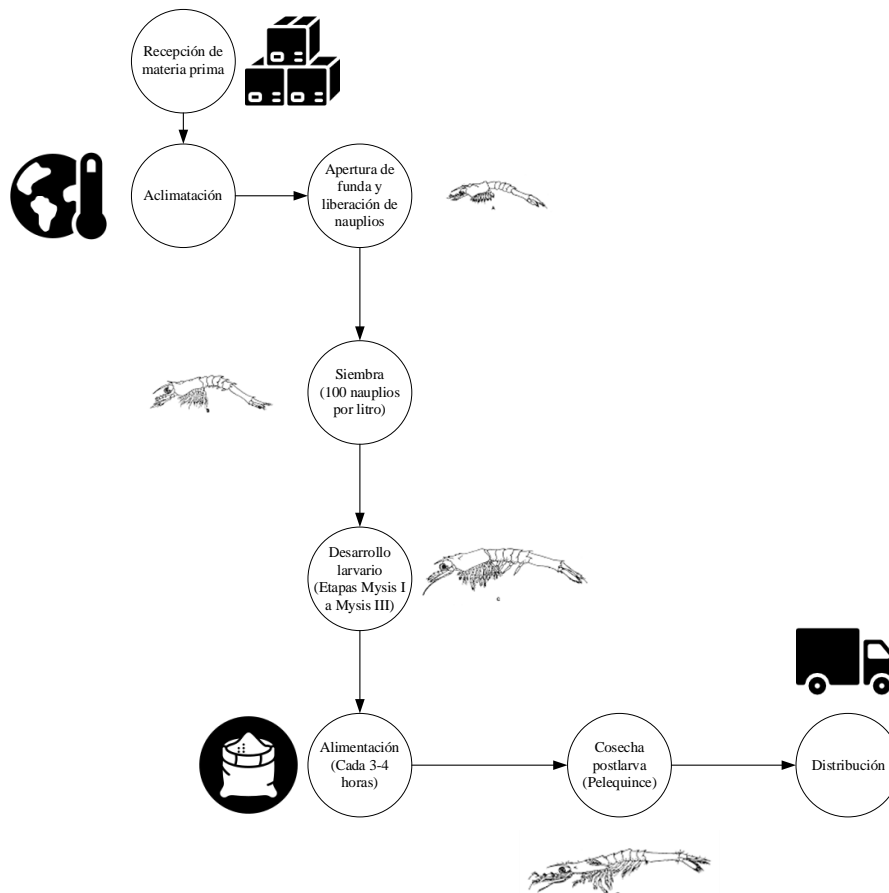
Nota. Elaborado por los autores en base a la información de la empresa.

Proceso de producción

El diagrama de flujo muestra el proceso productivo de larvas de camarón, desde el desembarque y aclimatación de los nauplios, hasta su siembra y desarrollo en las etapas Mysis I, Mysis II, Mysis III y postlarva, con alimentación cada 3 a 4 horas. Tras 25 días, las postlarvas se distribuyen como producto terminado a nivel nacional, bajo la supervisión del personal operativo, técnico y biológico como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Diagrama de flujo del proceso productivo de Pricmar S.A.

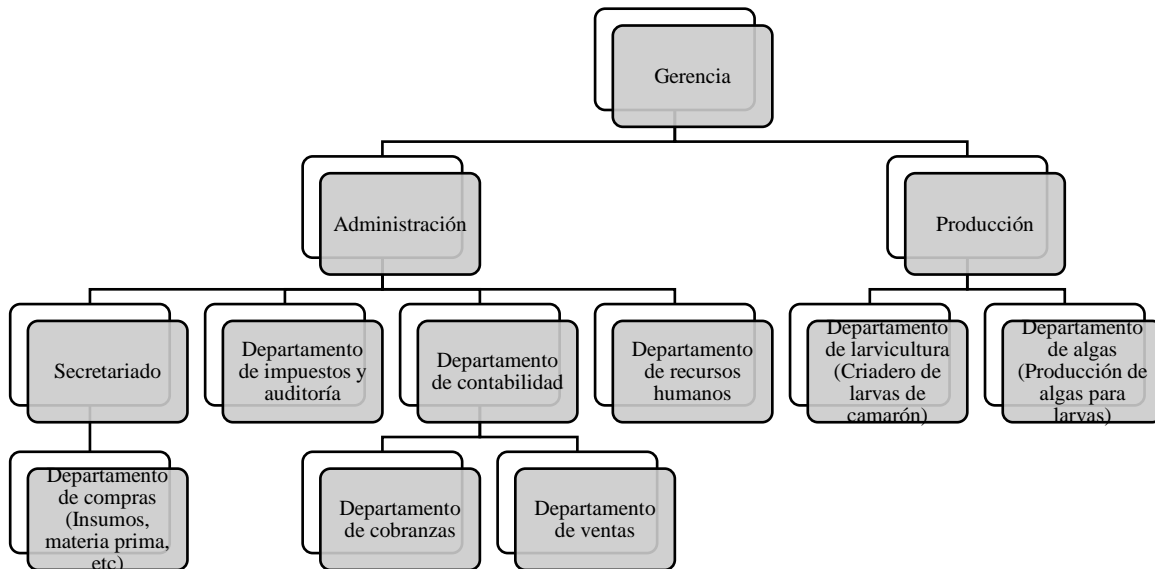


Nota. Elaborado por los autores en base a la información de la empresa.

La estructura organizacional de la empresa se encuentra encabezada por la gerencia, responsable de la dirección general y la toma de decisiones estratégicas como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

Organigrama estructural de Pricmar S.A.



Nota. Elaborado por los autores en base a la información de la empresa.

De la gerencia dependen dos áreas principales: administración y producción.

- Área de administración: encargada de la gestión administrativa y financiera, conformada por los departamentos de secretariado (gestión documental y apoyo administrativo), impuestos (cumplimiento tributario), contabilidad (registro y control financiero) y recursos humanos (gestión del personal y desarrollo organizacional).
- Área de producción: dedicada a las operaciones productivas, compuesta por el departamento de larvicultura (manejo y cultivo de larvas de camarón) y el departamento de algas (producción de microalgas utilizadas como alimento en las primeras etapas de cultivo).

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

2.1. Métodos de investigación

El enfoque de investigación se ha expandido mediante el planteamiento de la justificación, métodos y argumentos que respaldan la elección frente a otras alternativas, lo cual conlleva a que la organización de la información de carácter cuantitativo, basada en números y estadísticas, mientras que los estudios cualitativos se centran en la interpretación y el análisis de resultados de naturaleza subjetiva (Pilcher & Cortazzi, 2024). El método mixto combina los enfoques cualitativo y cuantitativo, y su implementación permitió una comprensión más amplia y compleja del objeto de estudio, favoreciendo el análisis profundo de los fenómenos y la generación de nuevas conceptualizaciones (Borges-Matos et al., 2025).

2.2. Tipo y diseño de Investigación

De acuerdo con las reflexiones de Del Cid et al., (2011), el presente estudio se enmarca en un diseño no experimental, debido a que se limita a observar y analizar las variables, sin manipular deliberadamente las condiciones de producción o los factores de la cadena de suministro. El diseño adoptado corresponde a un diseño no experimental transversal según Starbuck (2023), dado que la información se recopila en un único momento del tiempo, lo cual permite describir y analizar las condiciones actuales de las variables de estudio. Este estudio se caracteriza por ser descriptivo y correlacional, siguiendo la propuesta de Thomas & Zubkov (2023) siendo descriptivo debido a que busca detallar los procesos operativos, logísticos y de gestión que conforman la cadena de suministro de la empresa, identificando las características específicas de cada etapa. Asimismo, es correlacional, debido a que pretende establecer el grado de relación existente entre las variables de la cadena de suministro y el nivel de producción de larvas, con la finalidad de determinar qué factores inciden en la producción.

Investigación descriptiva: se centra en caracterizar los componentes de la cadena de suministro de Pricmar S.A., y sus prácticas de gestión actuales. Este enfoque permite identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora, proporcionando un panorama detallado que sirve como base para el análisis y la optimización de los procesos de la empresa. Al ofrecer una visión detallada y estructurada, la investigación descriptiva sirve como base para la planificación de estrategias de optimización, facilitando la toma de decisiones.

Investigación correlacional: se enfoca en analizar la relación entre las variables de estudio (cadena de suministro y la producción de larvas), proporcionando evidencia sobre cómo los cambios o mejoras en la gestión de la cadena de suministro pueden influir en la maximización de la productividad de la empresa. Este enfoque permite identificar vínculos significativos que orienten decisiones estratégicas y operativas.

Procedimiento metodológico

Mediante la metodología seleccionada en el estado del arte realizado en el Capítulo I, se optó como referencia la investigación de Ángel-Coronel et al., (2023) puesto que proporcionaron un conjunto completo de pasos metodológicos, mediante un enfoque estratégico, que facilitaron la comprensión en un contexto práctico como se indica en las siguientes etapas:

Etapas 1.- Recolección de datos

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se recopiló información documental de la empresa y se aplicó un cuestionario a los trabajadores, basado en las métricas del modelo de cadena de suministro. La herramienta se estructuró en cinco categorías: Aprovisionamiento, Producción, Almacenamiento, Distribución y Devoluciones, lo que permitió organizar la información de manera sistemática y obtener datos precisos sobre el desempeño de la cadena de suministro, facilitando un análisis detallado y fundamentado.

Etapas 2.- Análisis de la cadena de suministro de larvas

Mediante la metodología SCOR, se examinaron las estrategias y alternativas aplicables a la cadena de suministro, estructurando el análisis en tres niveles: el nivel superior, encargado de la visión estratégica; el nivel de configuración, que define la estructura y relaciones de los procesos; y el nivel de elementos y control de procesos, donde se detallan las operaciones específicas y su supervisión. Esta organización permitió identificar áreas de mejora y optimizar la gestión de la cadena de suministro de manera integral.

- **Nivel 1.- SCOR (Superior)**

En este nivel se realizó un análisis detallado de cada macroproceso de Pricmar S.A., identificando, dentro de los subprocesos definidos, los factores críticos que afectan la cadena de suministro. Este enfoque permitió comprender las áreas clave que impactan el desempeño general de la empresa y sentar las bases para la optimización de procesos estratégicos.

- **Nivel 2.- SCOR (configuración)**

En este nivel se establecieron las prioridades de cada subproceso, a partir del análisis de la evaluación de la cadena de suministro. Asimismo, se definieron las mejoras específicas a implementar en cada subproceso, permitiendo orientar los esfuerzos hacia las áreas que generan mayor impacto en la eficiencia y efectividad de la cadena.

- **Nivel 3 SCOR (control)**

En este nivel se definieron los indicadores clave de desempeño (KPI) para supervisar la implementación de las mejoras en los subprocesos críticos identificados en la cadena de suministro de Pricmar S.A. Esto permitió monitorear de manera continua los resultados, asegurando que las acciones aplicadas generen los efectos deseados y contribuyan a la mejora de la producción de larvas.

Etapa 3: Evaluación logística y propuesta de modelo

En esta etapa se aplicó un modelo matemático para evaluar la situación actual y determinar la capacidad instalada de Pricmar S.A., desarrollando posteriormente un modelo de optimización orientado a maximizar la producción larvaria bajo las restricciones operativas y presupuestarias existentes.

2.3. Población y muestra

Censo poblacional

Con base a los lineamientos de la metodología SCOR y la estructura organizacional de la empresa, la población escogida fue el gerente general de la empresa debido a que es quien tiene información más precisa en cada uno de los macroprocesos que representan las cinco dimensiones del modelo, de esta forma se realizó el censo poblacional en la empresa para llevar a cabo la recolección de datos sobre el estado actual de la cadena de suministro, además de obtener información de la data documental de la empresa para conocimiento estadístico a través del gerente general.

La Tabla 3 muestra la distribución del personal de Pricmar S.A., indicando tanto la cantidad como el porcentaje que representa cada categoría. Se observa que la mayor parte del personal corresponde a otros empleados, con 18 personas, lo que equivale al 64,28 % del total. Esto refleja que la plantilla está principalmente conformada por personal de apoyo o administrativo. Los operarios de producción representan 21,42 % (6 personas), indicando que

una proporción significativa del personal está directamente involucrada en las labores productivas de la empresa. En contraste, los técnicos representan solo 7,14 %, y los profesionales especializados, como el biólogo y el gerente general, suman juntos apenas 7,14 % del total. Este análisis evidencia que la empresa cuenta con una estructura jerárquica donde la mayoría del personal se concentra en roles generales o de apoyo, mientras que los puestos especializados y de liderazgo son reducidos en número. Esto puede reflejar la necesidad de optimizar la participación de personal altamente especializado para tareas estratégicas y técnicas dentro de la empresa.

Tabla 3.

Personal de la empresa Pricmar S.A.

Personal	Cantidad	%
Otros empleados	18	64,28%
Operarios de producción	6	21,42%
Técnicos	2	7,14%
Biólogo	1	3,57%
Gerente general	1	3,57%
Total	28	100%

Nota. Elaborados por los autores.

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Métodos de recolección de los datos

Los métodos de recolección de datos son procesos que se triangulan en la obtención de información a partir de diferentes técnicas de recopilación y el análisis de estos mismos (Dhlakama & Murairwa, 2024). Existen distintos procesos lógicos para elaborar una investigación científica, Del Cid et al., (2011) definieron estos métodos como la secuencia lógica que da uso de la razón para el establecimiento de la relación entre los datos, mencionando los siguientes: método analítico, método sintético, método inductivo y el método deductivo.

El método analítico consiste en dividir el objeto de estudio en sus diferentes componentes, pasando de una visión general a un análisis específico, lo que posibilita identificar relaciones entre las características de cada parte y lograr una comprensión más precisa y detallada del sistema (Reyes-Blácido et al., 2022). Este método se emplea para examinar de manera separada las etapas de la cadena de suministro en Pricmar S.A.,

(aprovisionamiento, almacenamiento, producción y distribución), permitiendo identificar los problemas específicos de cada fase que inciden en la eficiencia de la producción de larvas.

2.4.2. Técnicas de recolección de los datos

El uso de técnicas de recolección de datos es una parte fundamental para cualquier estudio, debido a que permite obtener información de forma concreta y significativa para responder las preguntas del estudio (Acosta-Faneite, 2024). En el caso de Pricmar S.A., se emplearon diversas técnicas según la naturaleza del trabajo: encuestas al personal operativo para conocer problemáticas en los procesos de producción y abastecimiento; entrevistas al gerente y técnicos del área para obtener información detallada sobre la planificación, control y distribución de larvas; observación directa en las instalaciones para registrar tiempos, movimientos y recursos utilizados en cada etapa del proceso productivo; y la revisión documental de reportes históricos de producción, registros de inventarios, compras de insumos y ventas, con la finalidad de contar con datos cuantitativos y cualitativos que permitan analizar y proponer un modelo de cadena de suministro optimizado.

Técnicas de recolección de datos cuantitativas

Encuesta: se aplicó de manera estratificada a los distintos niveles organizacionales de Pricmar S.A., considerando tanto al personal operativo como al personal administrativo con el objetivo de obtener información medible sobre el abastecimiento de insumos, procesos de producción, control de inventarios y distribución de larvas. Además, esta técnica permitió recopilar percepciones directas del personal sobre la eficiencia de la cadena de suministro en la producción larvaria.

Análisis de datos: los resultados de las encuestas y los registros productivos se procesó estadísticamente para transformar la información en conocimiento útil para la toma de decisiones y la validación del modelo de la cadena de suministro, permitiendo identificar patrones y relaciones entre las variables que influyen directamente en la eficiencia de la producción.

Técnicas de recolección de datos cualitativas

Entrevistas: dirigidas al gerente general y personal operativo con la finalidad de identificar cuellos de botella, percepciones sobre el flujo de materiales e insumos, y limitaciones en la producción larvaria. Estas entrevistas facilitaron la obtención de información

cualitativa clave para complementar los datos estadísticos y profundizar en las causas de las ineficiencias detectadas.

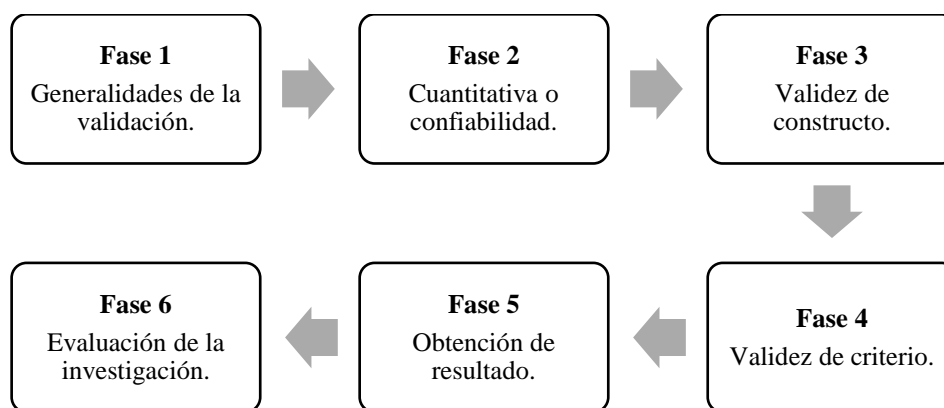
Observación directa: aplicada en las áreas de producción y almacenamiento para registrar tiempos de proceso, condiciones de bioseguridad, consumo de insumos y distribución de los recursos, permitiendo contrastar la información declarada en encuestas y entrevistas con la práctica real, garantizando mayor validez en los resultados obtenidos dentro de la empresa de estudio.

Revisión documental: análisis de informes de producción de larvas, registros de compras y ventas, lo que permitirá obtener una visión integral de la gestión actual de la cadena de suministro. Este procedimiento incluye la verificación de reportes de inventario, control de calidad y bitácoras de mantenimiento de equipos utilizados en el laboratorio. De la misma manera, la revisión documental aporta información histórica que facilita la identificación de tendencias en la producción y consumo de insumos.

Para adquirir y documentar los datos requeridos para la investigación, principalmente se empleó la encuesta. Esta técnica fue sometida a una evaluación utilizando el método de validación de instrumentos, conforme a lo propuesto por López-Fernández et al., (2020), con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los datos en el ámbito de la investigación científica. El propósito fundamental de esta metodología radica en asegurar la confiabilidad del instrumento de investigación utilizado. La implementación de este método se llevó a cabo siguiendo de manera sistemática las distintas etapas detalladas en la Figura 5, lo cual proporcionó una estructura organizada para el proceso.

Figura 5.

Fases de la metodología para la validación de instrumento.



Nota. Elaborado por los autores en base a (López-Fernández et al., 2020).

Fase 1.- Generalidades de la validación: en esta etapa inicial se establecen los fundamentos y conceptos básicos que sustentan la validación de instrumentos. Se revisan las distintas fases del proceso y se definen los criterios que permitieron evaluar la eficacia del instrumento de medición, asegurando que su aplicación sea consistente, objetiva y adecuada para los objetivos del estudio.

Fase 2.- Cuantitativa o confiabilidad: en esta etapa se analiza la consistencia interna del instrumento, evaluando su capacidad para generar resultados estables y reproducibles. Para ello se aplican técnicas estadísticas, como el coeficiente alfa de Cronbach, lo que permite garantizar que las mediciones sean confiables y que los datos obtenidos sean sólidos para su interpretación y análisis posterior.

Fase 3.- Validez de constructo: en esta etapa se verifica que el instrumento de medición efectivamente evalúe el constructo o concepto que se pretende medir. Para ello se aplican análisis estadísticos y técnicas como el análisis factorial, asegurando que los resultados reflejen de manera precisa las dimensiones del fenómeno estudiado y sean adecuados para respaldar las conclusiones de la investigación.

Fase 4.- Validez de criterio: en esta etapa se analiza si el instrumento de medición se relaciona adecuadamente con otras variables conocidas que deberían estar asociadas al constructo que se evalúa. Para ello se emplean correlaciones u otros métodos estadísticos, lo que permite confirmar que el instrumento proporciona mediciones coherentes y relevantes dentro del contexto del estudio.

Fase 5.- Obtención de resultados: una vez completadas las fases previas, se analizan los datos derivados de las pruebas de confiabilidad y validez del instrumento. Este análisis permite determinar si el instrumento es adecuado para su aplicación en la investigación o si requiere ajustes, asegurando que las mediciones sean precisas y útiles para alcanzar los objetivos del estudio.

Fase 6.- Evaluación de la investigación: en esta etapa final se realiza un análisis integral del proceso de validación del instrumento, determinando su idoneidad para cumplir con los objetivos del estudio. Además, se identifican las limitaciones del trabajo y se formulan recomendaciones que pueden orientar investigaciones futuras, garantizando que los hallazgos sean aplicables y confiables.

2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos

Dentro de los trabajos de investigación se dispone de un conjunto de instrumentos que permiten la medición de datos ya sea de una o más variables que son de interés (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018). Esto se realiza por cuestionarios semiestructurados para la encuesta y la entrevista mediante una serie de interrogantes adaptadas a la técnica para su recolección de datos cuantitativa y cualitativa en donde se induzca a la respuesta y esté adecuado al público dirigido (Del Cid et al., 2011).

En este contexto, se elaboró un cuestionario de preguntas cerradas con relación a las variables de estudio (cadena de suministro y producción larvaria) para los encuestados involucrados y para los entrevistados, se estableció preguntas abiertas para la extensión de la respuesta de los sujetos con el objetivo de hallar pistas de reflexión o ideas en base al trabajo de estudio. Este conllevó un formato de preguntas cerradas sin la utilización de tecnicismo que provoquen confusión a los colaboradores. De tal manera, tiene como contenido a una serie de 20 preguntas con una escala de intervalo, estas mismas deben ser validadas por un grupo de expertos seleccionados por criterio de inclusión y exclusión. Como resultado, la información es analizada para el sustento de un planteamiento de metodología SCOR.

Previamente a su implementación, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación mediante juicio por expertos. Garantizando la confiabilidad y pertinencia del instrumento. Se elaboró un protocolo para evaluar la evaluación de la cadena de suministro y producción de larvas basado en Sireci & Benítez (2023) compuesto por cuatro etapas: la exposición de la problemática, la selección de especialistas, la ejecución del proceso de validación y el análisis de los juicios emitidos, tal como se indica en los siguientes pasos:

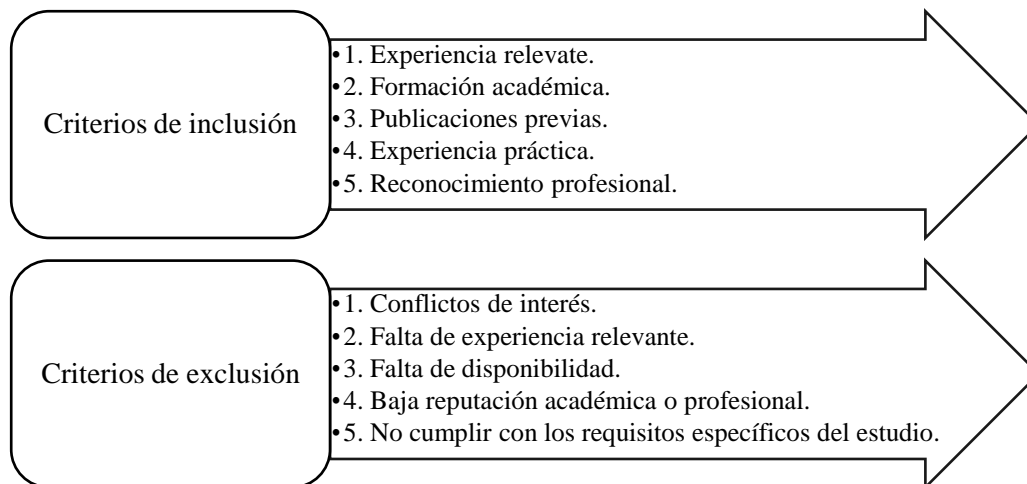
Paso 1 (presentación de problemática): se presentó la problemática establecida en el trabajo de investigación mediante el formato de validación que es aceptado por los participantes en este proceso. Esto permitió que comprendieran a fondo el tema de estudio y el fundamento de su implementación dentro de Pricmar S.A., facilitando un análisis informado y una participación más efectiva en las etapas posteriores.

Paso 2 (determinación de expertos): se seleccionó expertos mediante criterios de inclusión como: profesionales con una amplia experiencia en relación con el campo de estudio, conocimiento en la redacción de trabajos de investigación. Se excluyó a participantes que actualmente estén especializados en otras ramas de estudio provocando que la validación no

sea desarrollada de forma correcta. Para la selección de los expertos que conforman el comité de validación, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, los cuales se detallan en la Figura 6.

Figura 6.

Criterios de inclusión y exclusión.



Nota. Elaborado por los autores en base a (Sireci & Benítez, 2023).

Criterios de inclusión:

1. Experiencia relevante: los expertos seleccionados cuentan con trayectoria comprobada y conocimientos en la gestión y modelado de cadenas de suministro aplicadas al sector larvario, lo que asegura aportes fundamentados para el análisis. Su experiencia permitió abordar el tema desde una perspectiva técnica y práctica, garantizando la solidez de las recomendaciones que contribuyeron a optimizar los procesos productivos en Pricmar S.A.
2. Formación académica: se consideró la trayectoria educativa de los expertos, priorizando títulos de maestría o doctorado en áreas afines a la investigación y la gestión de cadenas de suministro. Esta preparación académica respalda la validez de los aportes realizados y garantiza que las propuestas se sustenten en fundamentos científicos y metodológicos sólidos, fortaleciendo la pertinencia del estudio en el contexto de la producción larvaria.
3. Publicaciones previas: se valoró la trayectoria investigativa de los expertos reflejada en artículos científicos y libros académicos relacionados con la cadena de suministro o la producción acuícola. Estas contribuciones demuestran su

capacidad para generar conocimiento validado por la comunidad académica y aseguran que los criterios emitidos estén respaldados por evidencia y experiencias documentadas.

4. Experiencia práctica: se reconoció la importancia directa de los expertos en actividades vinculadas al proceso de producción larvaria. Este tipo de experiencia aporta un conocimiento aplicado que complementa la teoría, ofreciendo una visión realista de los procesos productivos y permitiendo identificar de manera precisa los desafíos y oportunidades que pueden influir en la gestión de la cadena de suministro y en la producción larvaria.
5. Reconocimiento profesional: se reflejó en la posición que ha alcanzado el experto dentro de su comunidad académica o profesional, evidenciada por la valoración de sus pares, la frecuencia con la que se cita su trabajo y las oportunidades de colaboración que se le presentan. Este reconocimiento no solo valida su experiencia, sino que también facilita el acceso a proyectos de mayor relevancia y contribuye a la difusión de sus aportes en el campo.

Criterios de exclusión:

1. Conflictos de interés: conviene descartar a expertos cuyas relaciones o afiliaciones puedan influir a su juicio, como vínculos con empresas relevantes en el área de estudio. Garantizar que estas conexiones no existan permite que las evaluaciones y recomendaciones se basen únicamente en criterios objetivos, manteniendo la imparcialidad y la credibilidad del proceso.
2. Falta de experiencia relevante: se evita recurrir a expertos que no cuenten con un historial comprobado en el área de estudio, ya sea por ausencia de proyectos previos, investigaciones o formación especializada. Esta precaución asegura que las evaluaciones y aportes provengan de quienes poseen un conocimiento sólido, incrementando la confiabilidad y la calidad de los resultados.
3. Falta de disponibilidad: conviene descartar expertos que no puedan dedicar el tiempo requerido para revisar y validar el instrumento de investigación. Contar con la participación de quienes puedan comprometerse plenamente garantiza que el análisis sea completo, oportuno y de alta calidad, evitando retrasos o evaluaciones superficiales.
4. Baja reputación académica o profesional: se evita recurrir a expertos cuya trayectoria o credibilidad en el área de estudio sea limitada o cuestionable.

Seleccionar profesionales con reconocimiento consolidado asegura que las evaluaciones sean confiables y que los resultados cuenten con respaldo sólido dentro de la comunidad académica o profesional.

5. No cumplir con los requisitos específicos del estudio: se descartan expertos que no cumplan con los criterios particulares definidos para el comité de validación, como experiencia en modelos de cadena de suministro. Asegurar que los participantes reúnan estas condiciones permite que la revisión del instrumento se ajuste a las necesidades del estudio y que las observaciones sean pertinentes y fundamentadas.

Paso 3 (desarrollo de validación): se empleó un instrumento diseñado con criterios de evaluación que reflejan la relación entre las variables de estudio. Esto permitió a los expertos asignar puntuaciones según la relevancia y claridad de cada aspecto, asegurando que la revisión fuera sistemática, objetiva y útil para ajustar y fortalecer el instrumento de investigación.

Paso 4 (análisis de resultados): se recopilaron las puntuaciones otorgadas por los expertos y se incorporaron los ajustes sugeridos tras la primera revisión. En la segunda ronda, se atendieron las recomendaciones de cada evaluador, lo que permitió analizar de manera sistemática los distintos resultados y preparar la implementación del estudio mediante un cuestionario, asegurando que la información recopilada fuera precisa y pertinente.

Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

De acuerdo con Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018) existen varios métodos para determinar la confiabilidad de un instrumento que puede estar compuesto por una o varias escalas que evalúan las variables de investigación. Estas escalas pueden incluir ítems, los cuales pueden sumar, promediar o correlacionar. Todos estos métodos usan fórmulas que generan coeficientes de confiabilidad con valores comprendidos entre cero y uno, donde un coeficiente igual a 0 indica ausencia total de fiabilidad y un valor de 1 indica máxima fiabilidad.

Entre los coeficientes más reconocidos para evaluar la confiabilidad de instrumento de recolección de datos se encuentra el coeficiente Omega de McDonald, también denominado Omega total (ω_t). Este se aplica en el análisis factorial confirmatorio (CFA) y en la teoría de la medición. Generalmente, un valor aceptable de Ω se encuentra entre 0.70 y 0.90, aunque valores superiores a 0.65 también se consideran aceptables según (Roco-Videla et al., 2024). La Tabla 4 presenta los resultados de la medición del coeficiente Omega de McDonald.

Tabla 4.*Puntuación de la medición del coeficiente Omega de McDonald.*

Valor de Omega de McDonald	Grado de confiabilidad
$\omega \leq 0$	El diseño del cuestionario presenta un problema significativo, por lo tanto, se recomienda al investigador revisar el formato planificado para la encuesta.
$0 \leq \omega \leq 0$	La baja consistencia interna y la escasa interrelación entre las preguntas indican que el cuestionario debe ser descartado o revisado.
$0.5 \leq \omega \leq 0.7$	La consistencia interna y la confiabilidad de un cuestionario específico son moderadas. Se sugiere que el cuestionario pueda ser revisado.
$\omega = 0$	La coherencia interna y la confiabilidad de un cuestionario específico son adecuadas.
$0.7 \leq \omega \leq 0.9$	Alta consistencia interna y confiabilidad, es probable que no sea necesario revisarlo.
$0.9 \leq \omega \leq 1.0$	Alta consistencia interna y confiabilidad en un cuestionario determinado.
$\omega = 1.$	Coherencia interna perfecta en un cuestionario determinado

Nota. Elaborado por los autores.

El protocolo comenzó con la tabulación de resultados de la encuesta aplicada a los empleados para evaluar la producción de larvas. Posteriormente, se calculó el alfa de Cronbach mediante el software IBM SPSS Statistics 25, analizando tanto el coeficiente obtenido como el impacto de eliminar ciertos ítems del cuestionario. El valor alcanzado fue contrastado con la escala de consistencia (Tabla 12), lo que permitió aceptar el instrumento sin requerir modificaciones. Finalmente, el análisis corroboró la confiabilidad de los datos y se procedió con pruebas complementarias, como la de normalidad.

Validez del constructo

El análisis factorial es una técnica estadística que permite agrupar variables relacionadas en factores, con el fin de identificar las dimensiones subyacentes dentro de un conjunto de datos. Este procedimiento se lleva a cabo a partir de la matriz de correlaciones entre las variables. Para verificar la pertinencia de los datos en este tipo de análisis, se utilizan dos indicadores estadísticos clave: el índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett, según lo señalado (Shrestha, 2021).

El índice KMO mide el grado de correlación entre las variables, determinando si es apropiado realizar el análisis factorial, mientras que la prueba de Bartlett evalúa si la matriz de

correlaciones difiere significativamente de una matriz identidad, lo cual confirmaría la existencia de relaciones entre las variables. En la Tabla 5 se presenta el valor del índice KMO, que resulta fundamental para establecer la idoneidad de los datos antes de aplicar el análisis factorial al cuestionario.

Tabla 5.

Valor Kaiser - Meyer - Olkin (KMO).

Valor Kaiser - Meyer - Olkin (KMO)	Análisis factorial
$KMO < 0.5$	Los resultados del análisis factorial probablemente no sean adecuados para el análisis de los datos.
$KMO < 0.6$	Estos resultados sugieren que el proceso de muestreo no es apropiado y que se deben tomar medidas correctivas.
$0.6 < KMO < 0.7$	Los valores son promedio o mediocres.
$0.7 < KMO < 0.8$	Los valores son medianos.
$0.8 < KMO < 1.0$	Los valores indican que el muestreo es adecuado.
$KMO = 1.0$	Los valores sugieren que el muestreo es excelente o Perfecto.

Nota. Elaborado por los autores.

2.5. Diagnóstico de la situación problemática

Inicialmente, se detalla el proceso de validación del instrumento de recolección de datos y el planteamiento de las hipótesis de investigación. Posteriormente, se realiza el diagnóstico de la cadena de suministro actual de la empresa Pricmar S.A., seguido del diseño y análisis de los niveles del modelo SCOR. Finalmente, se desarrolla la propuesta del modelo de optimización para la maximización de la producción de larvas, complementada con su justificación económica, ambiental y social, así como un análisis comparativo entre la situación actual y la propuesta planteada.

2.5.1. Etapa 1: Recolección de datos

En esta primera etapa se presenta el proceso de recolección de información aplicada al personal técnico de la empresa Pricmar S.A., con el propósito de obtener datos relevantes sobre la gestión de la cadena de suministro y su relación con la producción de larvas. La información recopilada mediante el instrumento validado fue procesada y tabulada en el software estadístico IBM SPSS Statistics 25, cuyos resultados se detallan en el Anexo 11. Esta etapa constituye la base para el análisis posterior, ya que permite identificar los principales factores que inciden en la cadena de suministro y la producción de larvas en la empresa.

Creación del instrumento de recolección de datos

Para la construcción del instrumento de recolección de datos se siguieron las recomendaciones metodológicas de Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018), quienes plantean que todo cuestionario debe desarrollarse a partir de la identificación de las variables y constructos de interés.

En este estudio, se definieron las variables relacionadas con la gestión de la cadena de suministro y la producción de larvas en Pricmar S.A., a partir de la revisión bibliográfica (sección 1.2.) y estudios previos sobre procesos logísticos y acuicultura. Posteriormente, se elaboraron los ítems del cuestionario asegurando claridad, concisión y pertinencia, de modo que cada pregunta pudiera medir de forma directa los aspectos operativos y estratégicos de la producción. Para las respuestas se adoptó una escala tipo Likert de cinco puntos, permitiendo a los encuestados expresar el grado de acuerdo o desacuerdo con cada afirmación, lo que facilita la cuantificación de percepciones. Para el desarrollo del cuestionario destinado a evaluar la cadena de suministro y la producción de larvas en Pricmar S.A., se siguieron tres fases principales: diseño de las preguntas, definición de las respuestas y estructuración del instrumento.

Fase 1: Diseño de las preguntas

Para la elaboración del instrumento de recolección de datos se identificaron las subvariables clave del estudio, entre las que destacan la planificación de la demanda, la gestión de proveedores, el control de inventarios, los procedimientos logísticos, así como la producción y calidad de larvas (Anexo 2). Las preguntas fueron formuladas a partir de la revisión bibliográfica y de investigaciones previas relacionadas con la gestión de la cadena de suministro en el ámbito acuícola y la producción larvaria, garantizando así su pertinencia y validez conceptual.

En total, se estructuraron veinte preguntas que abarcaron tanto aspectos operativos como estratégicos del proceso productivo, permitiendo obtener una visión integral del desempeño de la cadena de suministro de Pricmar S.A. De esta manera, la Tabla 6 presenta el diseño de las preguntas del cuestionario. La siguiente tabla presenta el diseño del instrumento de recolección de datos elaborado para la investigación, donde se especifican las variables, dimensiones y preguntas formuladas, junto con la fórmula o relación correspondiente. Este diseño permitió establecer una conexión directa entre los aspectos evaluados en el cuestionario y los componentes principales del estudio.

Tabla 6.

Diseño de las preguntas del cuestionario.

N°	Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Pregunta formulada	Fórmula	Relación
1		Planificación de la demanda	Disponibilidad de insumos	¿La planificación de la demanda es adecuada para garantizar la disponibilidad de insumos?	$\% \text{ de insumos disponibles} = \frac{\text{Insumos entregados}}{\text{Insumos requeridos}} * 100$	La pregunta evalúa si la planificación asegura la disponibilidad total.
2		Relación con proveedores	Cumplimiento de plazos de entrega	¿Los proveedores entregan insumos dentro de los plazos acordados?	$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\text{Entregas a tiempo}}{\text{Total de entregas}} * 100$	La pregunta mide la confiabilidad del proveedor.
3		Control de inventarios	Conocimiento de existencias	¿El control de inventario permite conocer existencias reales en todo momento?	$\text{Exactitud de inventario} = \frac{\text{Existencias registradas}}{\text{Existencias reales}} * 100$	Relaciona la eficiencia del sistema de control.
4		Procesos de compras	Formalización y documentación	¿Los procedimientos de compra y recepción de insumos están formalizados y documentados?	$\text{Indicador binario}(1 = \text{formalizado}, 0 = \text{no formalizado})$	Evalúa la estandarización del proceso de compras.
5	Cadena de suministro	Logística interna	Flujo de materiales	¿El flujo de materiales desde proveedores al laboratorio es continuo y sin demoras frecuentes?	$\% \text{ de entregas sin interrupciones} = \frac{\text{Procesos sin retrasos}}{\text{Total de procesos}} * 100$	Mide la fluidez logística interna.
6		Almacenamiento y conservación	Cumplimiento de requisitos de bioseguridad	¿El almacenamiento de insumos cumple los requisitos de conservación y bioseguridad?	$\% \text{ cumplimiento de bioseguridad} = \frac{\text{Áreas conformes}}{\text{Áreas inspeccionadas}} * 100$	Refleja el control del almacenamiento.
7		Mejora de procesos	Revisión periódica	¿Los procesos son revisados periódicamente para actualizar y mejorar su funcionamiento?	$\frac{\text{N° de revisiones realizadas}}{\text{N° de revisiones programadas}} * 100$	Evalúa la frecuencia de revisión de procesos.
8		Comunicación interna	Coordinación entre áreas	¿La comunicación entre compras, almacén y producción es clara y eficiente?	$\frac{\% \text{ reuniones o informes coordinados}}{\text{Total de interacciones}} * 100$	Mide efectividad en la comunicación interárea.
9		Control y evaluación	Medición de desempeño logístico	¿Se miden y registran indicadores (KPIs) del desempeño logístico?	$\frac{\text{N° de KPIs registrados}}{\text{N° de KPIs planificados}} * 100$	Relaciona la práctica de control con el registro real.
10		Mejora continua	Acciones de optimización logística	¿Se realizan acciones de mejora continua sobre los procesos logísticos?	$\frac{\text{N° de acciones implementadas}}{\text{N° de acciones planificadas}} * 100$	Evalúa la ejecución de mejoras.

N°	Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Pregunta formulada	Formula de indicador	Relación
11		Insumos y materia prima	Calidad y suficiencia de insumos	¿Los insumos utilizados en el cultivo de larvas son suficientes y de la calidad requerida?	$\frac{\text{Insumos aceptados}}{\text{Total de insumos}} * 100$	Refleja suficiencia y calidad.
12		Recurso humano	Capacitación del personal	¿El personal está adecuadamente capacitado para las labores de producción larvaria?	$\frac{\text{Empleados capacitados}}{\text{Total empleados}} * 100$	Mide nivel de capacitación técnica.
13		Infraestructura y equipos	Estado de equipos e instalaciones	¿El equipo e infraestructura (tanques, bombas, filtros) se encuentran en buen estado de funcionamiento?	$\frac{\text{Equipos operativos}}{\text{Total de equipos}} * 100$	Evalúa disponibilidad operativa.
14		Control de calidad	Monitoreo de parámetros del agua	¿Se monitorean regularmente los parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, salinidad, amonio)?	$\frac{\text{N° monitoreos realizados}}{\text{N° monitoreos programados}} * 100$	Relaciona frecuencia de control con gestión de calidad.
15	Producción de larvas	Control y registro	Seguimiento de supervivencia larvaria	¿Se registran tasas de supervivencia larvaria por lote y se analizan?	$\% \text{ supervivencia} = \frac{\text{Larvas vivas}}{\text{Larvas sembradas}} * 100$	Directamente relacionada con la pregunta.
16		Programación productiva	Cumplimiento de tiempos de producción	¿Los tiempos de producción se cumplen de acuerdo con la programación establecida?	$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\text{Procesos a tiempo}}{\text{Total de procesos}} * 100$	Mide eficiencia temporal.
17		Control sanitario	Acciones correctivas	¿Se realizan acciones correctivas cuando se detectan problemas sanitarios o mortandad elevada?	$\frac{\text{N° acciones correctivas aplicadas}}{\text{N° eventos detectados}} * 100$	Mide capacidad de respuesta sanitaria.
18		Desempeño productivo	Satisfacción de la demanda	¿La producción satisface, en general, la demanda solicitada por los clientes?	$\% \text{ cumplimiento de pedidos} = \frac{\text{Pedidos entregados}}{\text{Pedidos solicitados}} * 100$	Evalúa desempeño frente al mercado.
19		Calidad del producto	Cumplimiento de estándares	¿La calidad de las larvas entregadas a clientes cumple con los estándares requeridos?	$\frac{\% \text{ lotes conformes}}{\text{Total lotes entregados}} * 100$	Relaciona calidad y satisfacción.
20		Eficiencia y sostenibilidad	Operación sostenible	¿En general, el proceso productivo es eficiente y sostenible para la operación?	$\text{Índice de sostenibilidad} = \frac{\text{Producción neta}}{\text{Consumo de recursos}} * 100$	Evalúa eficiencia global del proceso.

Nota. Elaborado por los autores.

Fase 2: Definición de las respuestas (escala de Likert)

Para la definición de las respuestas del cuestionario se utilizó una escala tipo Likert de cinco niveles, que permite medir con precisión el grado de percepción o acuerdo de los participantes frente a cada afirmación planteada. Esta escala, ampliamente utilizada en investigaciones de carácter cuantitativo y de diagnóstico organizacional, facilita la cuantificación de variables cualitativas relacionadas con la gestión de la cadena de suministro y los procesos productivos. Su estructura ordinal posibilita interpretar tendencias y niveles de satisfacción de manera gradual, desde el máximo nivel de acuerdo (valor 5) hasta el mínimo (valor 1), asegurando una adecuada sensibilidad y comparabilidad en los resultados (Anexo 3). La elección de esta escala se justifica además porque proporciona simplicidad en la comprensión de las opciones por parte de los encuestados y permite analizar estadísticamente las respuestas, garantizando la fiabilidad y validez del instrumento de medición aplicado en Pricmar S.A.

Tabla 7.

Respuestas del instrumento de recolección de datos

Valor numérico	Opción de respuesta	Descripción
5	Totalmente de acuerdo	Máximo nivel de acuerdo o satisfacción
4	De acuerdo	Nivel alto de acuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Posición neutral
2	En desacuerdo	Nivel bajo de acuerdo
1	Totalmente en desacuerdo	Nivel mínimo de acuerdo o satisfacción

Nota. Elaborado por los autores.

Fase 3: Estructuración del cuestionario

En la fase de estructuración del cuestionario, las preguntas fueron organizadas en bloques temáticos correspondientes a logística, control de inventario, producción y calidad, con el propósito de mantener coherencia interna y facilitar la comprensión por parte de los encuestados. Se incorporó además una sección inicial con instrucciones claras sobre el procedimiento de respuesta, enfatizando el carácter anónimo y confidencial del instrumento para fomentar la sinceridad en las respuestas. Finalmente, el cuestionario fue sometido a una revisión interna con el fin de verificar la claridad, pertinencia y consistencia de los ítems antes de proceder a su validación por parte de expertos en el área de gestión de la cadena de suministro.

Tabla 8.*Etapas de la creación del cuestionario.*

Etapas	Actividad	Objetivo
1. Definición de variables y constructos	Identificación de los aspectos clave de la cadena de suministro y la producción de larvas (planificación, logística, inventario, calidad, eficiencia).	Establecer el alcance del cuestionario y los temas a medir.
2. Elaboración de ítems	Redacción de 20 preguntas claras, concisas y medibles, basadas en literatura y prácticas previas (Hernández Sampieri et al., 2014).	Garantizar que cada pregunta mida directamente el constructo correspondiente.
3. Selección de escala de respuesta	Implementación de escala tipo Likert de 5 puntos: 1 = Plan, Source, Make, Deliver y Return. en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo.	Permitir cuantificar percepciones y actitudes de manera ordenada y comparable.
4. Organización del cuestionario	Agrupación de preguntas en bloques temáticos (logística, inventario, producción, calidad) y redacción de instrucciones claras.	Facilitar la comprensión y manejo del cuestionario por parte de los encuestados.
5. Revisión interna	Evaluación de claridad, coherencia y pertinencia de preguntas antes de la validación.	Detectar posibles ambigüedades y garantizar la fiabilidad del instrumento.

Nota. Elaborado por los autores.

En la Figura 7 se presenta la estructura del instrumento de recolección de datos, el cual fue aplicado al personal directamente involucrado en los procesos de planificación, abastecimiento, producción y control de calidad de la empresa Pricmar S.A. Este instrumento permitió recopilar información precisa y confiable sobre la percepción y desempeño de cada área funcional dentro de la cadena de suministro.



A continuación, se presenta el cuestionario de recolección de datos diseñado para obtener información sobre la gestión de la cadena de suministro y su relación con la producción de larvas en Pricmar S.A. El instrumento está estructurado en varias secciones identificadas con literales, que permiten reconocer cada una de sus partes principales:

- (a) Encabezado institucional: identifica la universidad, la facultad, la carrera y el título del cuestionario.
- (b) Datos generales del encuestado: recogen información básica como nombre, área y edad.
- (c) Instrucciones: explican el objetivo del cuestionario, su carácter confidencial y la forma de responder.

- (d) Escala Likert: presenta los cinco niveles de respuesta, desde “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente de acuerdo”.
- (e) Ítems o preguntas: conforman el cuerpo del instrumento, con los 20 enunciados que evalúan las variables de estudio.
- (f) Espacios de respuesta: permiten al participante marcar su grado de acuerdo con cada afirmación según la escala indicada.

Figura 7.

Estructura del instrumento de recolección de datos.

 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 		(a) Encabezado institucional.				
CUESTIONARIO DE RECOLECCION DE DATOS						
Nombre y apellidos:		(b) Datos generales del encuestado.				
Area:						
Edad: () años						
Instrucciones: El presente cuestionario tiene como objetivo recopilar información sobre la gestión de la cadena de suministro y la eficiencia en la producción de larvas en PRICMAR S.A. Sus respuestas serán confidenciales y utilizadas exclusivamente con fines académicos en el desarrollo de la tesis mencionada. La participación es voluntaria; puede optar por no responder alguna pregunta o retirarse en cualquier momento sin repercusiones".		(c) Instrucciones.				
Marque solo una puntuación de la escala que cree que cumple por cada ítem						
Ítems	Escala Likert					(d) Escala Likert.
	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo	
1 ¿La planificación de la demanda es adecuada para garantizar la disponibilidad de insumos?						(f) Espacios de respuesta.
2 ¿Los proveedores entregan insumos dentro de los plazos acordados?						
3 ¿El control de inventario permite conocer existencias reales en todo momento?						
4 ¿Los procedimientos de compra y recepción de insumos están formalizados y documentados?						
5 ¿El flujo de materiales desde proveedores al laboratorio es continuo y sin demoras frecuentes?						
6 ¿El almacenamiento de insumos cumple los requisitos de conservación y bioseguridad?						
7 ¿Los procesos son revisados periódicamente para actualizar y mejorar su funcionamiento?						
8 ¿La comunicación entre compras, almacén y producción es clara y eficiente?						
9 ¿Se miden y registran indicadores (KPIs) del desempeño logístico?						
10 ¿Se realizan acciones de mejora continua sobre los procesos logísticos?						
11 ¿Los insumos utilizados en el cultivo de larvas son suficientes y de la calidad requerida?						
12 ¿El personal está adecuadamente capacitado para las labores de producción larvaria?						
13 ¿El equipo e infraestructura (tanques, bombas, filtros) se encuentran en buen estado de funcionamiento?						
14 ¿Se monitorean regularmente los parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, salinidad, amonio)?						
15 ¿Se registran tasas de supervivencia larvaria por lote y se analizan?						
16 ¿Los tiempos de producción se cumplen de acuerdo con la programación establecida?						
17 ¿Se realizan acciones correctivas cuando se detectan problemas sanitarios o mortandad elevada?						
18 ¿La producción satisface, en general, la demanda solicitada por los clientes?						
19 ¿La calidad de las larvas entregadas a clientes cumple con los estándares requeridos?						
20 ¿En general, el proceso productivo es eficiente y sostenible para la operación?						

Nota. Elaborado por los autores.

Validación del instrumento de recolección de datos

La validación de los datos aseguró la calidad y fiabilidad de los resultados de la investigación, al confirmar que los instrumentos aplicados fueron adecuados y precisos, permitiendo obtener información sólida que sirvió de base para la formulación de recomendaciones y conclusiones fundamentales.

Fase 1: Generalidades de la validación

Se garantizó un tratamiento adecuado de los datos y se respetó la confidencialidad de los trabajadores, permitiendo que los encuestados respondieran de manera anónima. Se desarrolló un cuestionario para la recolección de datos, compuesto por 20 preguntas, distribuidas en dos bloques de 10 ítems cada uno: la primera sección evaluó la cadena de suministro como variable independiente, mientras que la segunda se centró en la producción de larvas como variable dependiente. Las opciones de respuesta se diseñaron según una escala de Likert, lo que permitió a los participantes indicar el grado de cumplimiento o implementación de cada proceso.

El instrumento fue elaborado con el propósito de recopilar información precisa sobre la relación entre la gestión de la cadena de suministro y la productividad en la producción de larvas en Pricmar S.A., comuna Palmar. Se aseguró un manejo adecuado de los datos y se respetó la confidencialidad de los participantes, garantizando que las respuestas fueran proporcionadas de manera anónima (Anexo 2).

Juicio por expertos

Para garantizar que las preguntas del cuestionario resultaran claras, relevantes, precisas, coherentes y apropiadas, se conformó un grupo de 5 especialistas, cuyos perfiles fueron evaluados previamente según los criterios de inclusión y exclusión (sección 2.5.3) siguiendo la metodología de (Sireci & Benítez, 2023).

A estos expertos se les contactó de manera presencial mediante la documentación correspondiente (Anexo 3), recibiendo sus respuestas mediante el mismo medio. En la Tabla 9, se detalló el resumen de la aplicación juicio por expertos luego de las correcciones y modificaciones realizadas, evidenciando que el instrumento de recolección de datos se elaboró de manera correcta.

Tabla 9.*Resumen juicio por expertos.*

Experto	Formación académica	Años de experiencia	Área o especialización	Opinión sobre el cuestionario	Calif.	Doc.
Experto 1	Ingeniero Industrial	22 años	Gestión de procesos productivos y optimización de recursos en el sector industrial.	Considera que las preguntas son claras y relevantes, cubriendo los aspectos clave de la cadena de suministro y producción.	Bueno	Anexo 4
Experto 2	Magíster en Ingeniería Industrial	8 años	Planificación y control de operaciones.	Señala que las preguntas son precisas y adecuadas para medir los procesos productivos y logísticos.	Bueno	Anexo 5
Experto 3	PhD en Ingeniería Industrial	35 años	Investigación, docencia y consultoría en gestión de operaciones y sostenibilidad industrial.	Indica que el cuestionario refleja correctamente los indicadores de eficiencia y calidad de la producción.	Bueno	Anexo 6
Experto 4	Magíster en Ingeniería Mecánica	Más de 30 años	Mantenimiento industrial, procesos productivos y gestión operativa.	Opina que el instrumento es coherente y apropiado para evaluar la gestión de insumos y procesos de producción.	Bueno	Anexo 7
Experto 5	Ingeniero Industrial	Más de 20 años	Dirección de proyectos y control de calidad en entornos industriales.	Considera que las preguntas son completas y permiten una adecuada recolección de información sobre la cadena de suministro.	Bueno	Anexo 8

Nota. Elaborado por los autores.

El proceso de validación por juicio de expertos evidenció una alta coherencia y pertinencia del instrumento aplicado. Los cinco especialistas, con formación académica de nivel de ingeniería y posgrado, y con más de ocho años de experiencia profesional promedio en áreas de producción, logística y gestión industrial, coincidieron en calificar el cuestionario como “bueno”. Sus observaciones destacan la claridad, relevancia y correspondencia de las preguntas con los objetivos de investigación, abarcando de forma integral los componentes de la cadena de suministro y la producción de larvas. Este consenso confirma la validez de contenido del instrumento, asegurando que las variables e indicadores propuestos son adecuados para medir los aspectos operativos y productivos en Pricmar S.A.

Fase 2: Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

Previo a la aplicación del cuestionario, se realizó un análisis de confiabilidad con el propósito de determinar la consistencia interna de los ítems que conforman el instrumento. Para ello, se utilizó el software IBM SPSS Statistics, aplicando el coeficiente Omega de McDonald, el cual es reconocido por ofrecer una estimación más precisa de la fiabilidad en comparación con otros coeficientes tradicionales, especialmente cuando los ítems presentan cargas factoriales desiguales. Este procedimiento permitió verificar el grado en que las preguntas del cuestionario se encuentran interrelacionadas y miden de manera coherente la variable de estudio. Los resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10.

Coefficiente de Omega de McDonald.

Coeficiente de Omega de McDonald	
Estimar	McDonald ω
Estimación por puntos	0.908

Nota. Elaborado por los autores.

El resultado obtenido de $\omega = 0.908$ indica una excelente consistencia interna del instrumento, superando el umbral mínimo aceptable de 0.70 establecido en la literatura metodológica. Este valor demuestra que las preguntas del cuestionario mantienen una correlación elevada entre sí, lo que garantiza que el instrumento mide de forma fiable las dimensiones asociadas a la cadena de suministro y la producción larvaria. En consecuencia, se valida su aplicabilidad para la recolección de información y su solidez estadística dentro del proceso de investigación.

Fase 3: Validez de constructo

Con el propósito de determinar la adecuación del instrumento para el análisis factorial y verificar la validez de constructo, se aplicaron las pruebas estadísticas Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett de esfericidad, utilizando el software IBM SPSS Statistics. Estas pruebas permiten establecer si los datos obtenidos presentan las condiciones necesarias para identificar las relaciones entre los ítems que conforman el cuestionario.

En este contexto, un valor de KMO superior a 0.811 se considera óptimo, ya que refleja una adecuada correlación entre las variables, mientras que una significancia menor a 0.05 en

la prueba de Bartlett confirma que la matriz de correlaciones no es una identidad. Los resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11.

Prueba de KMO y Barlett.

Prueba de KMO y Barlett	
Medida Kaisers-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	0.811
	Aprox. Chi-Cuadrado
	81.791
Prueba de esfericidad de Barlett	Gl
	21
	Sig.
	0.000

Nota. Elaborado por los autores.

El valor de KMO = 0.811 evidencia que la muestra es altamente adecuada para realizar un análisis factorial, lo que confirma la consistencia de las correlaciones entre los ítems del cuestionario. Asimismo, la significancia de 0.000 obtenida en la prueba de Bartlett indica que existen relaciones significativas entre las variables, descartando la hipótesis de independencia. En conjunto, estos resultados validan la estructura interna del instrumento y respaldan su capacidad para medir de forma coherente las dimensiones teóricas asociadas a la cadena de suministro y la producción larvaria en Pricmar S.A.

Fase 4: Validez de criterio

Esta fase tiene como finalidad determinar el grado de correspondencia entre los resultados obtenidos mediante el instrumento de recolección de datos y los criterios previamente definidos para la medición de las variables del estudio. Para ello, se aplicó el coeficiente de concordancia de Kendall (CCK), una medida estadística que evalúa el nivel de acuerdo entre diferentes observadores o evaluaciones expresadas en valores ordinales. Este coeficiente varía entre 0 y 1, donde valores próximos a 1 representan una concordancia casi perfecta, mientras que valores cercanos a 0 indican independencia o desacuerdo entre los evaluadores (Meza & Salamanca, 2022).

La aplicación de esta prueba permitió verificar la consistencia y homogeneidad en las valoraciones emitidas por los expertos respecto a la calidad del instrumento utilizado. Este proceso aseguró la fiabilidad de los criterios evaluados y fortaleció la validez del análisis realizado. En consecuencia, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12.*Estadísticos de prueba de Kendall.*

Estadísticos de prueba	
N	20
W de Kendall	0.950
Chi-cuadrado	19
Gl	1
Sig. Asintótica	0.00

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Nota. Elaborado por los autores.

El valor obtenido de $W = 0.950$ evidencia un alto nivel de concordancia entre las evaluaciones de los expertos, lo que demuestra una apreciación uniforme y coherente sobre la pertinencia y claridad de los ítems del cuestionario. Asimismo, la significancia estadística ($p = 0.000$) indica que la concordancia observada no es producto del azar, sino de una coincidencia real en los juicios emitidos.

Estos resultados refuerzan la validez de criterio del instrumento, al confirmar que las preguntas diseñadas son pertinentes y efectivas para medir los constructos teóricos propuestos. Asimismo, evidencian que la estructura del cuestionario permite obtener información precisa, coherente y alineada con los objetivos de la investigación, garantizando así la calidad y confiabilidad de los datos recolectados.

Fase 5: Obtención de resultados

Para la recolección de información, se aplicó un muestreo por conveniencia, conforme a lo descrito en el Capítulo II. De los 28 trabajadores de la empresa Pricmar S.A., se seleccionó una muestra de 20 colaboradores, quienes participaron en la aplicación del cuestionario. Los datos obtenidos, fueron procesados y analizados utilizando el software SPSS Statistics 25, permitiendo realizar una evaluación minuciosa y precisa de los resultados.

El análisis de la información permitió identificar diversas tendencias relacionadas con los procesos operativos y los costos asociados a la producción de larvas dentro de la empresa. Estos resultados proporcionan una base más clara para comprender el comportamiento de las variables evaluadas y su impacto en la eficiencia productiva. La Tabla 13 presenta la tabulación detallada de los datos obtenidos durante la investigación.

Tabla 13.*Tabulación de datos obtenidos.*

Preguntas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Total
P1	4	8	4	4	0	20
P2	1	3	8	8	0	20
P3	1	6	7	6	0	20
P4	5	4	7	4	0	20
P5	5	5	7	3	0	20
P6	4	5	10	1	0	20
P7	5	5	5	5	0	20
P8	6	7	6	1	0	20
P9	6	7	6	1	0	20
P10	5	6	7	2	0	20
P11	0	3	8	9	0	20
P12	0	3	2	10	5	20
P13	3	4	5	7	1	20
P14	0	0	11	6	3	20
P15	2	4	9	5	0	20
P16	33	2	6	8	1	20
P17	4	8	5	3	0	20
P18	2	7	6	5	0	20
P19	1	5	7	7	0	20
P20	5	8	4	3	0	20
Suma	61	101	130	98	10	400

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis de la información refleja una tendencia moderada hacia respuestas neutrales o de desacuerdo, especialmente en los ítems vinculados con la planificación, aprovisionamiento y control logístico (variable independiente), lo que sugiere la existencia de debilidades operativas y falta de integración en la cadena de suministro. En contraste, las preguntas asociadas a la producción larvaria (variable dependiente) presentan una distribución más equilibrada, con una ligera inclinación hacia las categorías de acuerdo, evidenciando que los procesos productivos mantienen niveles aceptables de desempeño, aunque afectados por la eficiencia logística. Estos resultados proporcionan la base para el análisis gráfico e interpretativo posterior, en el cual se profundiza en las percepciones del personal respecto a cada variable estudiada.

Fase 6: Evaluación de la investigación

El estudio realizado mediante 20 preguntas proporciona una visión integral sobre la gestión y eficiencia de la cadena de suministro en la producción de larvas de Pricmar S.A., comuna Palmar. La aplicación del cuestionario proporcionó información relevante para evaluar diversos aspectos relacionados con los procesos logísticos, operativos y productivos, así como la interacción entre las áreas clave que intervienen en la cadena de suministro.

Los resultados evidencian tanto fortalezas como oportunidades de mejora dentro de la gestión interna de la empresa. Se identificó la necesidad de optimizar la planificación y coordinación entre los departamentos involucrados, mejorar la gestión de inventarios y reforzar la capacitación del personal en técnicas de control y seguimiento de procesos. Asimismo, se destaca la importancia de implementar estrategias de mejora continua y de incorporar herramientas tecnológicas que faciliten la trazabilidad y la eficiencia operativa. Estos hallazgos constituyen una base sólida para el diseño de un modelo de cadena de suministro orientado a la maximización de la producción de larvas, permitiendo que Pricmar S.A., fortalezca su competitividad y sostenibilidad en el sector acuícola.

Previo al análisis de la variable dependiente, se evaluaron las diez primeras preguntas del cuestionario, correspondientes a la variable independiente: cadena de suministro, las cuales abarcan aspectos relacionados con la planificación de la demanda, control de inventarios, gestión de proveedores y coordinación logística interna. Los resultados fueron representados mediante un gráfico de áreas, elaborado a partir de las frecuencias obtenidas en la escala de Likert, con el fin de visualizar el comportamiento general de las respuestas y determinar las percepciones predominantes del personal en torno a los procesos logísticos y de abastecimiento en Pricmar S.A.

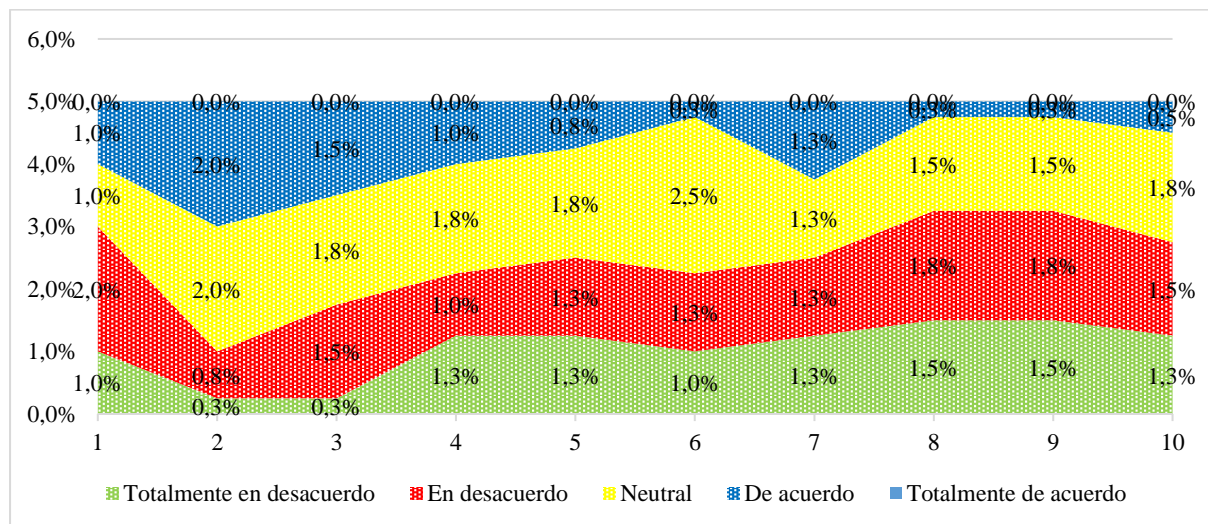
La Figura 8 presenta la distribución porcentual de las respuestas obtenidas para los ítems correspondientes a la variable independiente. En el gráfico se visualiza de manera clara cómo se agrupan las percepciones del personal evaluado en torno a las diferentes categorías de la escala Likert aplicada. Se aprecia que una parte significativa de los encuestados se ubica principalmente en las categorías “En desacuerdo” (14 %) y “Neutral” (17 %), lo que evidencia una concentración notable de opiniones en posiciones que no expresan conformidad con los aspectos evaluados.

Asimismo, se observa que un 9 % de los participantes seleccionó la opción “De acuerdo”, lo cual representa una proporción menor en comparación con las categorías

previamente mencionadas. En cuanto a los extremos de la escala, la figura evidencia que la categoría “Totalmente en desacuerdo” alcanza un 11 %, mientras que la opción “Totalmente de acuerdo” no registra participación. Esta distribución permite identificar el comportamiento general de las respuestas, mostrando una tendencia predominante hacia valoraciones insuficientes o neutras frente a los procesos analizados dentro de la cadena de suministro.

Figura 8.

Ítems de variable independiente.



Nota. Elaborado por los autores.

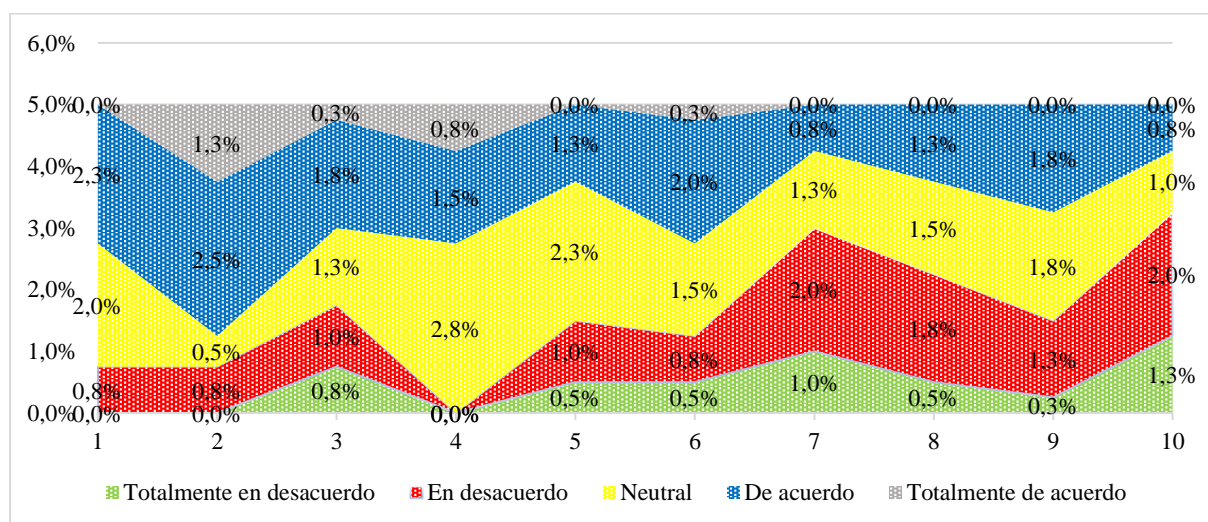
Esta distribución evidencia una tendencia moderada hacia la insatisfacción o indiferencia respecto a los procesos de la cadena de suministro. El predominio de respuestas negativas y neutras sugiere la existencia de debilidades estructurales en la planificación y el control operativo, especialmente en la gestión de inventarios, la coordinación interdepartamental y la relación con proveedores. Asimismo, el bajo nivel de acuerdo indica que los colaboradores perciben una limitada integración entre las áreas de planificación, compras y logística, lo cual afecta la disponibilidad de insumos y la eficiencia productiva. En conjunto, estos resultados confirman la necesidad de implementar mecanismos de mejora continua, estandarización de procedimientos e indicadores de desempeño logístico que fortalezcan la gestión de la cadena de suministro en la organización.

La segunda parte del análisis corresponde a la variable dependiente: producción larvaria, evaluada mediante las preguntas 11 a la 20 del cuestionario. Estas interrogantes abarcan aspectos clave del proceso productivo, como la eficiencia operativa, la calidad de los insumos, el control de parámetros ambientales, la capacitación del personal y la sostenibilidad

del proceso. A través del gráfico de áreas acumuladas, se ilustra la distribución porcentual de las respuestas emitidas por los colaboradores, permitiendo identificar los niveles de percepción y desempeño dentro del laboratorio de larvas de la empresa Pricmar S.A.

La Figura 9 muestra la distribución de las respuestas asociadas a los ítems de la variable dependiente, permitiendo visualizar de manera detallada cómo se posicionan los encuestados frente al desempeño general de la producción larvaria. En el gráfico se evidencia que las categorías con mayor frecuencia son “Neutral” (16 %) y “De acuerdo” (16 %), lo que refleja una tendencia hacia percepciones moderadas o positivas sobre los procesos evaluados. De igual forma, se observa que un 11 % de los participantes seleccionó la opción “En desacuerdo”, mientras que las respuestas ubicadas en los extremos de la escala presentan menor participación, registrándose un 5 % en “Totalmente de acuerdo” y un 3 % en “Totalmente en desacuerdo”. Esta distribución revela una concentración notable en las categorías intermedias y en una ligera inclinación hacia la valoración favorable, lo cual permite identificar la percepción general del personal respecto al funcionamiento operativo de la producción larvaria. En su conjunto, los datos presentados en la figura ofrecen una visión completa del comportamiento de las respuestas y de la variabilidad en las opiniones del personal técnico encuestado.

Figura 9.
Ítems de la variable dependiente.



Nota. Elaborado por los autores.

La distribución de respuestas evidencia una percepción mayoritariamente positiva o intermedia respecto al desempeño de la producción larvaria, lo que sugiere un funcionamiento

operativo relativamente estable. No obstante, la presencia cercana al 30 % de respuestas negativas entre “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo” indica que persisten factores que limitan la eficiencia total del proceso, especialmente relacionados con el control sanitario, el cumplimiento de parámetros de calidad del agua y la gestión de la sostenibilidad ambiental. A pesar de estas limitaciones, también se identifican aspectos favorables, como la capacitación técnica del personal, el seguimiento a las condiciones de cultivo y la disponibilidad oportuna de insumos, los cuales contribuyen a mantener una producción continua y con niveles aceptables de desempeño. En síntesis, los resultados reflejan una producción larvaria sólida, pero con áreas susceptibles de mejora, lo que hace necesario fortalecer los controles operativos e implementar estrategias de mejora continua que permitan alcanzar un proceso más eficiente, estable y sostenible.

Planteamiento de hipótesis

Verificación de hipótesis

En el desarrollo de esta investigación, se realizó el análisis de la hipótesis utilizando el software IBM SPSS Statistics 25, aplicando la función de correlación de Pearson para determinar la relación entre las dos variables del estudio. Según Apaza-Zúñiga et al., (2022), el coeficiente de correlación de Pearson, representado por la letra r , es un instrumento estadístico que cuantifica el grado de asociación entre dos variables. Una correlación positiva perfecta, con un valor de 1, indica una relación directa y proporcional entre las variables, lo que lleva a aceptar la hipótesis alternativa y rechazar la hipótesis nula. Por el contrario, una correlación negativa perfecta, con $r = -1$, señala una relación inversa total, lo que implica validar la hipótesis nula y rechazar la alternativa.

- $r = 0$: no existe correlación entre las variables.
- $0 < r < 0.25$: correlación débil.
- $0.25 \leq r \leq 0.75$: correlación moderada o intermedia.
- $0.75 \leq r < 1$: correlación fuerte.
- $r = \pm 1$: correlación perfecta (positiva o negativa).

Para el análisis de correlación de Pearson se presentan las variables independiente y dependiente para formar la hipótesis.

VI: Modelo de cadena de suministro.

VD: Producción de larvas.

Hipótesis nula

La implementación de un modelo de cadena de suministro no influye de manera significativa en la maximización de producción de larvas en Pricmar S.A.

Hipótesis alternativa

La implementación de un modelo de cadena de suministro influye de manera significativa en la maximización de producción de larvas en Pricmar S.A.

Correlación de variables

Según Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018), cuando el valor de significancia (p) es menor a 0,05, el coeficiente de correlación se considera estadísticamente significativo al nivel del 5 %, lo que implica un 95 % de confianza en que la relación observada entre las variables es verdadera y un 5 % de probabilidad de error. De manera similar, si el valor de (p) es inferior a 0,01, el coeficiente se interpreta como significativo al nivel del 1 %, indicando un 99 % de certeza y únicamente un 1 % de margen de error. La Tabla 14 demuestra la correlación existente entre las variables independiente y dependiente, mostrando que el coeficiente de Pearson puede alcanzar un valor máximo de 1. En el presente estudio, se obtuvo un valor de $r=0.845$ con un nivel de significancia de 0.000 (Anexo 12), indicando que existe una relación fuerte y significativa entre las variables analizadas.

Tabla 14.

Correlación de Pearson.

Correlaciones			
		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	,845**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	20	20
VD	Correlación de Pearson	,845**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	20	20

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Nota. Elaborado por los autores.

Considerando los criterios previamente expuestos, se evidencia una relación fuerte entre las variables, obteniendo un resultado de 0.845, lo cual respalda la aceptación de la hipótesis alternativa y, por consiguiente, el rechazo de la hipótesis nula. Esto implica que la

implementación de un modelo de cadena de suministro influye de manera significativa en la maximización de la producción larvaria en Pricmar S.A.

2.5.2. Etapa 2: Análisis de la cadena de suministro

La segunda etapa consistió en el análisis de la cadena de suministro de Pricmar S.A., mediante la aplicación del modelo de referencia SCOR (Supply Chain Operations Reference), con el propósito de comprender de manera estructurada los procesos que intervienen en la producción y distribución de larvas. Este modelo permitió descomponer las actividades operativas en tres niveles jerárquicos, facilitando la identificación de los puntos críticos que afectan el desempeño general de la empresa.

En el caso de Pricmar S.A., el modelo SCOR se aplicó considerando las características particulares del proceso acuícola, desde la planificación de la demanda y el aprovisionamiento de insumos, hasta la producción, control de calidad, entrega y posibles devoluciones del producto. Esta estructura metodológica proporcionó una visión integral de la cadena, posibilitando la detección de ineficiencias, la priorización de mejoras y la propuesta de estrategias orientadas a la maximización de la producción de larvas.

Diagnóstico inicial de Pricmar S.A.

Pricmar S.A., es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción y comercialización de larvas de camarón, ubicada en Palmar, provincia de Santa Elena. La organización cuenta con un sistema productivo que integra procesos de aprovisionamiento, acondicionamiento, producción, almacenamiento, distribución y control de calidad. Su objetivo principal es asegurar la calidad y disponibilidad continua de larvas, optimizando los recursos biológicos y materiales involucrados en el ciclo de producción.

Estructura organizacional y recursos

La empresa cuenta con un equipo operativo conformado por técnicos larvarios, personal administrativo y personal de mantenimiento. Su infraestructura incluye áreas de maduración, precría, larvario, sistemas de aireación, reservorios de agua salada, laboratorios de control microbiológico y almacenes para insumos y materiales.

Los principales proveedores de insumos son:

- Prilabsa.
- Solmarkgreen S.A.

- Dischemsa S.A.S.
- Grupo Constamar.
- Agripac S.A
- Improac S.A.

Entre los insumos utilizados se encuentran microalgas, dietas secas, sales minerales, productos para control bacteriano, equipos de aireación y materiales plásticos. El proceso productivo se organiza en ciclos de cría, con una duración promedio de 22 a 25 días, donde se registran parámetros como supervivencia larvaria, consumo de alimento, temperatura, salinidad y densidad poblacional.

Nivel 1: SCOR (superior)

En este primer nivel se realiza un análisis estratégico de los macroprocesos fundamentales de la cadena de suministro de Pricmar S.A., los cuales agrupan las actividades principales que sustentan la operación del sistema productivo. Estos macroprocesos, establecidos por el modelo SCOR, comprenden Planificar (Plan), Abastecer (Source), Producir (Make), Entregar (Deliver) y Devolver (Return). Cada uno de ellos fue adaptado a las condiciones reales de la empresa, considerando los flujos físicos y de información que se generan durante el ciclo productivo de larvas. La Tabla 15 presenta la descripción de los macroprocesos en Pricmar S.A.

Tabla 15.

Descripción de los macroprocesos en Pricmar S.A.

Macroproceso SCOR	Descripción en PRICMAR S.A.
Plan (Planificar)	Involucra la programación de los ciclos de producción larvaria, determinando la cantidad de larvas a sembrar, la capacidad disponible en los tanques y la planificación de los recursos (alimentación, insumos, personal y energía). Actualmente, se realiza de forma empírica, sin herramientas digitales de previsión ni modelos de optimización, lo que ocasiona desviaciones entre la demanda prevista y la producción real.
Source (Abastecer)	Comprende la gestión de proveedores y adquisición de insumos biológicos, alimentos, productos químicos y materiales de cultivo. Se evidenció que las compras se realizan bajo un enfoque reactivo, generando retrasos y sobrecostos por falta de planificación y negociación anticipada con proveedores.
Make (Producir)	Representa el proceso de producción larvaria en los tres tanques principales, donde se desarrollan las fases de siembra, alimentación, control de condiciones del agua y cosecha.

Este proceso es el núcleo de la cadena y presenta variabilidad en la tasa de supervivencia, lo que reduce la eficiencia global.

Deliver
(Entregar)

Incluye las actividades de embalaje, almacenamiento temporal y distribución de las larvas hacia los centros de engorde o clientes. En la situación actual, el proceso de entrega se realiza manualmente, sin un sistema de seguimiento logístico ni trazabilidad digital.

Return
(Devolver)

Considera los casos en que se presentan lotes defectuosos o larvas no viables, que deben ser descartadas o reprocesadas. Actualmente, este subproceso carece de registro formal, lo que impide analizar las causas de pérdida o establecer acciones correctivas sistemáticas.

Nota. Elaborado por los autores.


El análisis de los macroprocesos evidencia que la cadena de suministro de Pricmar S.A., presenta limitaciones en todas sus fases, principalmente por la falta de planificación formal y controles estandarizados. En el “Plan” se observa una programación empírica que genera discrepancias entre la demanda y la producción real; en “Source” un abastecimiento reactivo que provoca retrasos y sobrecostos; en “Make” la variabilidad en la supervivencia larvaria por ausencia de procedimientos uniformes; en “Deliver” una distribución sin trazabilidad ni sistemas de seguimiento; y en “Return” la inexistencia de registros de devoluciones que impide identificar causas y corregir fallas. En conjunto, estos hallazgos reflejan la necesidad de fortalecer la gestión logística mediante herramientas de planificación, digitalización de procesos y mecanismos de retroalimentación que permitan optimizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad productiva.

Macroproceso 1: Planificar (Plan)

La Tabla 16 presenta el diagrama de flujo de procesos correspondiente al macroproceso planificar en la situación actual de Pricmar S.A. Este proceso se caracteriza por una planificación mayormente manual, basada en registros históricos y en la experiencia empírica del personal técnico. Las actividades que lo conforman incluyen la recolección de información, el análisis de la demanda, la verificación de la capacidad instalada y la validación por parte de la gerencia. La ejecución completa del proceso requiere un tiempo aproximado de 3 horas con 20 minutos, al que se suma un día adicional de espera debido al proceso de revisión y aprobación del plan. Asimismo, el personal recorre una distancia estimada de 105 metros durante su ejecución, lo que evidencia la necesidad de desplazamientos constantes entre áreas administrativas y operativas.

Tabla 16.

Diagrama de flujo de procesos “Planificar”.

Diagrama de flujo de procesos										
Diagrama # 001			Resumen							
			Actividad		Actual	Propuesta				
			Operación	○	4					
			Inspección	□	2					
			Transporte	→						
Producto: Larvas			Demora	D	1					
			Almacenamiento	▽	1					
			Distancia (m)		105 m					
Método: Actual X Propuesto			Tiempo (hora-hombre)		3 h 20 min + 1 día de espera					
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales							
Fecha:		Descripción	Distancia (metros)	Tiempo	Símbolo					Observaciones
					○	□	→	D	▽	
1	Revisar plan de producción anterior.	10	45 min		●					Se realiza en oficina administrativa.
2	Reunir datos de demanda y recursos.	30	60 min	●						Reuniones presenciales.
3	Evaluar capacidad instalada.	15	30 min	●						Revisión empírica.
4	Ajustar metas productivas.		40 min	●						Basado en experiencia del jefe de producción.
5	Validar con gerencia.	20	30 min		●					Proceso presencial.
6	Esperar aprobación.		1 día				●			Sin flujo automatizado.
7	Emitir plan final.	25	20 min	●						Sin registros electrónicos.
8	Archivar documento físico.	5	10 min					●		Sin respaldo digital.
9	Revisión de documento.		5 min		●					Revisión final de documento.

Nota. Elaborado por los autores.


El análisis del diagrama muestra un proceso de planificación poco eficiente, afectado por la ausencia de herramientas tecnológicas y por una elevada dependencia de actividades manuales. La espera gerencial prolonga considerablemente el tiempo total del proceso, mientras que los desplazamientos entre áreas incrementan la carga operativa. Esta condición limita la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda y reduce la agilidad del sistema, evidenciando la necesidad de digitalizar tareas clave, reducir recorridos y estandarizar actividades para mejorar la eficiencia del macroproceso.

Macroproceso 2: Aprovisionar (Source)

La Tabla 17 presenta el diagrama de flujo del macroproceso “Aprovisionar” en la situación actual de Pricmar S.A., enfocado en la gestión y adquisición de insumos esenciales para la producción larvaria. El proceso opera mediante métodos manuales, apoyados en hojas de cálculo y comunicación informal con proveedores, lo cual prolonga el tiempo total a aproximadamente 8 horas y 50 minutos. Durante su ejecución, el personal recorre cerca de 185 metros entre las áreas de compras, recepción e inspección. La ausencia de una base de datos formal de proveedores y la falta de un sistema automatizado de inventarios generan retrasos.

Tabla 17.

Diagrama de flujo de procesos "Aprovisionar".

Diagrama de flujo de procesos										
Diagrama # 001			Resumen							
			Actividad					Actual	Propuesta	
			Operación		○				4	
			Inspección		□				2	
			Transporte		⇒				1	
Producto: Larvas			Demora		D			1		
			Almacenamiento		▽					
			Distancia (m)					185		
Método: Actual X Propuesto			Tiempo (hora-hombre)					8 h 50 min		
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales							
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones	
Descripción	Distancia (metros)	○		□	⇒	D	▽			
1	Revisar inventario de insumos.	15	40 min		●				Registro en hojas Excel.	
2	Identificar faltantes.		20 min	●					Falta control automatizado.	
3	Solicitar cotización a proveedores.		30 min	●					Proceso manual.	
4	Esperar respuesta.		6 h				●		Falta de acuerdos formales.	
5	Realizar pedido de compra.	10	25 min	●					Sin integración con inventarios.	
6	Recepción de insumos.	150	50 min				●		Desde recepción hasta bodega.	
7	Inspeccionar calidad.	10	30 min		●				No hay laboratorio de control.	
8	Registrar ingreso.		15 min	●					Sin trazabilidad digital.	
9	Revisión final de inventario.		20 min		●				Revisión final.	

Nota. Elaborado por los autores.


El análisis del macroproceso “Aprovisionar” evidencia ineficiencias derivadas de la dependencia de procedimientos manuales y la falta de integración tecnológica. La obtención de cotizaciones y la coordinación con proveedores presentan demoras significativas, lo que incrementa el tiempo total del proceso y afecta la disponibilidad oportuna de insumos críticos. Asimismo, el recorrido de 185 metros refleja una logística interna poco optimizada, con desplazamientos innecesarios entre áreas. La ausencia de un sistema digital de control de inventarios y de una base estructurada de proveedores limita la capacidad de anticipación y genera riesgos de desabastecimiento. Estas condiciones muestran la necesidad de modernizar el proceso mediante herramientas automatizadas, estandarización de actividades y formalización de la gestión de compras para mejorar la eficiencia y asegurar la continuidad de la producción.

Macroproceso 3: Producción (Make)

La Tabla 18 presenta el diagrama de flujo del macroproceso “Producir”, donde se concentran las actividades esenciales del ciclo larvario. Este proceso requiere aproximadamente 110 horas por ciclo, debido a las tareas diarias de alimentación, monitoreo de parámetros del agua y registro de datos productivos durante un periodo de 30 días. Las actividades se realizan de manera manual, lo que implica una fuerte intervención del personal y dispersión de la información operativa. Durante su ejecución, el personal recorre cerca de 110 metros entre tanques y áreas de preparación, efectuando mediciones y ajustes sin apoyo automatizado. Esta dinámica limita la eficiencia del proceso y se refleja en una tasa de supervivencia larvaria del 72 %, evidenciando la dependencia de la experiencia empírica del personal técnico.

Tabla 18.

Diagrama de flujo de procesos "Producir".

Diagrama de flujo de procesos				
Diagrama # 001	Resumen			
	Actividad	Actual	Propuesta	
	Operación	○	6	
	Inspección	□	2	
	Transporte	⇒		
Producto: Larvas	Demora	D		
	Almacenamiento	▽		
	Distancia (m)		110 m	

Método:		Actual X	Propuesto	Tiempo (hora-hombre)					110 h/ciclo (30 días)	
Elaborado por:				Totales						
Fecha:				Símbolo					Observaciones	
Descripción		Distancia (metros)	Tiempo	○	□	⇒	D	▽		
1	Limpiar y preparar tanques.	60 min	5 h	●					Se realiza antes de cada ciclo.	
2	Seleccionar reproductores.	20 min	1 h		●				Observación visual.	
3	Realizar siembra larvaria.		2 h	●					Supervisión técnica.	
4	Alimentar larvas.		2 h/día * 30 días	●					No automatizado.	
5	Monitorear parámetros de agua.		30min/dí a*30 días		●				Registros manuales.	
6	Ajustar parámetros fuera de rango.		15min/dí a*30 días	●					Reactivo inmediato.	
7	Clasificar y contar larvas.	30 min	6 h	●					Proceso intensivo en mano de obra.	
8	Registrar producción final.		20 min	●					Planillas manuales.	

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis del macroproceso “Producir” evidencia una elevada carga operativa asociada a la ejecución manual de actividades críticas, lo que aumenta la variabilidad del proceso y reduce la eficiencia productiva. La necesidad de desplazamientos constantes entre estaciones de trabajo incrementa el tiempo de operación y dificulta el control oportuno de los parámetros ambientales, incidiendo en la estabilidad del ciclo larvario. Asimismo, la falta de sistemas automatizados para el registro y monitoreo limita la trazabilidad de la información y dificulta la identificación temprana de desviaciones. Como resultado, la tasa de supervivencia del 72 % refleja un margen de mejora considerable, indicando la necesidad de integrar herramientas tecnológicas, estandarizar procedimientos y optimizar la movilidad interna para incrementar la productividad y la precisión del proceso.


Macroproceso 4: Distribuir (Deliver)

La Tabla 19 muestra el diagrama de flujo del macroproceso “Distribuir”, el cual inicia con la recepción de pedidos y culmina con la entrega del producto al cliente. En la situación actual, este proceso requiere aproximadamente 4 horas, considerando el acondicionamiento de las larvas, su preparación para el transporte y el desplazamiento hacia los puntos de entrega. El recorrido logístico comprende alrededor de 15 kilómetros por ruta, además de 110 metros

dentro de las instalaciones. Aunque el cumplimiento de entregas alcanza el 95 %, el proceso carece de sistemas digitales de seguimiento, lo que limita la trazabilidad y el control en tiempo real. La programación de rutas y el registro de entregas se realizan de manera manual, utilizando documentación física, lo cual incrementa el riesgo de errores y dificulta la atención de reclamos.

Tabla 19.

Diagrama de flujo de procesos "Distribuir".

Diagrama de flujo de procesos											
Diagrama # 001				Resumen							
				Actividad					Actual	Propuesta	
				Operación					○	3	
				Inspección					□	2	
				Transporte					⇒	2	
Producto: Larvas				Demora					D		
				Almacenamiento					▽		
				Distancia (m)					110 m + 15 km		
Método: Actual X Propuesto				Tiempo (hora-hombre)					3 h 45 min + 1 h de transporte		
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson				Totales							
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones		
Descripción	Distancia (metros)			○	□	⇒	D	▽			
1	Recibir orden del cliente.		20 min	●					No hay sistema CRM.		
2	Programar entrega.		30 min	●					Hecho por jefe de planta.		
3	Preparar larvas para transporte.	20 m	1 h	●					Trabajo manual.		
4	Verificar transporte.	10 m	15 min		●				Control visual.		
5	Cargar producto.	80 m	20 min			●			Uso de cubetas y bombas portátiles.		
6	Transporte hacia cliente.	15 km	1 h			●			Ruta terrestre.		
7	Entregar y registrar entrega.		20 min	●					Registro manual.		

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis del macroproceso “Distribuir” evidencia una eficiencia parcial, sustentada en un buen nivel de cumplimiento de entregas, pero afectada por la ausencia de herramientas tecnológicas que permitan un control logístico más preciso. La planificación manual de rutas y la documentación en formato físico aumentan la posibilidad de fallas administrativas y limitan la capacidad de rastrear los embarques en tiempo real. Asimismo, la combinación de recorridos internos y desplazamientos externos incrementa la duración total del proceso y


reduce la agilidad operativa. Esta falta de digitalización afecta la visibilidad del sistema y dificulta la optimización de rutas, el control de tiempos y la gestión de reclamos. Por ello, el macroproceso presenta un potencial significativo de mejora mediante la integración de sistemas de trazabilidad, automatización del registro y herramientas de gestión de transporte que incrementen la confiabilidad y eficiencia del proceso de distribución.

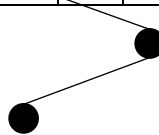
Macroproceso 5: Retornar (Return)

La Tabla 20 presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso de Gestión de Residuos, parte del macroproceso “Return”. En la situación actual, este proceso comprende el registro, traslado y disposición final de los residuos generados durante el ciclo productivo, acumulando aproximadamente 26 horas de trabajo al mes. El personal recorre alrededor de 155 metros entre las áreas de cultivo, almacenamiento y disposición final, realizando actividades de manera manual y sin procedimientos formalizados para la clasificación o aprovechamiento de los desechos. La eliminación se ejecuta principalmente mediante enterramiento o descarga directa, lo que representa riesgos ambientales y desaprovecha materiales que podrían ser valorizados. La ausencia de indicadores y de protocolos ambientales evidencia la necesidad de implementar un sistema más sostenible y estandarizado para el manejo de residuos.

Tabla 20.

Diagrama de flujo de procesos "Retornar Gestión de Residuos".

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 001			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta			
			Operación		○	3			
			Inspección		□	1			
			Transporte		⇒	1			
Producto: Larvas			Demora		D				
			Almacenamiento		▽				
			Distancia (m)			155 m			
Método: Actual X Propuesto			Tiempo (hora-hombre)		26 h/mes				
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:			Símbolo			Observaciones			
Descripción	Distancia (metros)	Tiempo	○	□	⇒		D	▽	
1	Registrar mortalidad.		15min/día*30	●					Sin análisis causal.
2	Recoger residuos orgánicos.	25	40 min	●					Actividad diaria.
3	Clasificar residuos.	10	30 min	●					Hecha en patio.



4	Transportar residuos.	120	25 min						Sin vehículos adecuados.
5	Eliminar residuos.		30 min						Práctica no estandarizada.


Nota. Elaborado por los autores.

El análisis del proceso de Gestión de Residuos evidencia importantes limitaciones operativas y ambientales, derivadas de la falta de estandarización y de herramientas de control adecuadas. La ejecución manual de todas las actividades incrementa el tiempo total del proceso y genera inconsistencias en el registro y la trazabilidad de los desechos. Asimismo, los 155 metros recorridos reflejan una logística interna que podría optimizarse mediante una mejor distribución de espacios y rutas de manejo. La ausencia de clasificación técnica y la dependencia de métodos de disposición como el enterramiento o descarga representan prácticas poco sostenibles que pueden afectar el entorno y desaprovechar subproductos potencialmente reutilizables. Estas condiciones indican la necesidad de implementar procedimientos ambientales formales, indicadores de desempeño y estrategias de valorización que permitan reducir impactos, mejorar la eficiencia operativa y avanzar hacia un sistema de Gestión de Residuos más seguro y sostenible.

La Tabla 31 presenta el diagrama de flujo correspondiente al subproceso “Devoluciones”, que abarca tanto el retorno de insumos a proveedores como la recepción de productos devueltos por los clientes. En la situación actual, este proceso requiere aproximadamente 4 horas y 10 minutos, a lo que se suma un día adicional de espera debido a la ausencia de acuerdos formales y protocolos establecidos. Durante su ejecución, el personal recorre cerca de 45 metros para inspeccionar, registrar y trasladar los materiales devueltos. El proceso se realiza de manera manual y sin un sistema de trazabilidad, lo que ocasiona pérdidas de información, demoras en la gestión y una retroalimentación insuficiente hacia las áreas de compras y control de calidad

Tabla 21.

Diagrama de flujo de procesos "Retornar Devoluciones".

Diagrama de flujo de procesos				
Diagrama # 001	Resumen			
	Actividad	Actual	Propuesta	
	Operación	○	4	
	Inspección	□	2	
	Transporte	➔		
Producto: Larvas	Demora	D	1	

		Almacenamiento	▽						
		Distancia (m)		45 m					
Método: Actual X Propuesto		Tiempo (hora-hombre)		4 h 10 min + 1 día de espera					
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones
Descripción	Distancia (metros)			○	□	⇒	D	▽	
1	Identificar devolución.		30 min		●				Comunicación manual.
2	Evaluar tipo de devolución.		25 min	●					Sin registro en sistema.
3	Verificar estado del producto.	15	20 min		●				Sin parámetros definidos.
4	Registrar reporte.	10	10 min	●					Sin trazabilidad digital.
5	Notificar al proveedor/cliente.		30 min	●					Sin protocolo formal.
6	Esperar respuesta.		1 día				●		Sin acuerdos contractuales.
7	Reposición o disposición final.	20	45 min	●					Sin documentación técnica.
8	Revisión de inventario final.		30 min		●				Revisión final.

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis del subproceso “Devoluciones” evidencia una baja eficiencia operativa derivada de la falta de estandarización y de herramientas de seguimiento formal. La ausencia de una política documentada y de un sistema digital de trazabilidad genera retrasos significativos, particularmente durante la etapa de espera y resolución con proveedores o clientes. Los registros manuales y los recorridos internos incrementan la probabilidad de errores y dificultan el control de costos asociados a las devoluciones.

Asimismo, la falta de retroalimentación estructurada afecta la capacidad de las áreas de compras y control de calidad para identificar causas recurrentes y prevenir futuras no conformidades. En conjunto, el proceso requiere una mejora sustancial mediante la formalización de protocolos, la integración de sistemas de registro y la reducción de tiempos muertos para garantizar una gestión más ágil, precisa y alineada con los objetivos operativos de la organización.

El análisis integral de los cinco macroprocesos que conforman el nivel 1 del modelo SCOR (Plan, Source, Make, Deliver y Return) permitió comprender de manera sistémica el funcionamiento de la cadena de suministro de Pricmar S.A., y su impacto directo en la

producción de larvas. Cada diagrama evidencia la interdependencia entre las áreas estratégicas, operativas y de soporte, revelando que la eficiencia global del sistema depende de la sincronización entre planificación, abastecimiento, producción, distribución y retorno.

En este nivel se observa que el proceso “Planificar” establece la base de la operación al definir los volúmenes y tiempos de producción según la capacidad instalada y la demanda proyectada. Dicho plan guía las acciones del proceso “Aprovisionar”, encargado de garantizar el suministro oportuno de insumos, cuya eficacia influye directamente en la estabilidad del proceso “producir”, donde se materializa el valor agregado del producto. Posteriormente, “distribuir” asegura la entrega eficiente de las larvas a los clientes bajo estándares de calidad y cumplimiento, mientras que “retornar” cierra el ciclo promoviendo la sostenibilidad mediante la gestión adecuada de residuos y mortalidades.

Este enfoque integral permite visualizar la cadena de suministro como un sistema continuo y articulado, en el que la retroalimentación entre procesos y la medición a través de indicadores de desempeño (KPI) son esenciales para el mejoramiento continuo. La aplicación del modelo SCOR a este nivel ha permitido identificar los puntos críticos que limitan la eficiencia operativa y establecer las bases para la configuración detallada de los procesos en los niveles siguientes, orientados a la optimización técnica, económica y ambiental de la producción larvaria en Pricmar S.A.

Nivel 2: SCOR (configuración)

El nivel 2 del modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference) corresponde a la configuración de los procesos de la cadena de suministro, en la cual se establecen las categorías y subcategorías que describen con mayor precisión las operaciones que integran el sistema productivo y logístico de Pricmar S.A.

Este nivel permite visualizar la estructura interna de cada macroproceso y su relación con las actividades que garantizan la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad del sistema de producción de larvas. En este sentido, la configuración se ha desarrollado considerando las particularidades de la empresa, tales como la dependencia de insumos biológicos, la variabilidad ambiental y la necesidad de sincronizar los tiempos de cultivo con la demanda de los clientes.

Tabla 22.*Categorías y subcategorías.*

P (Plan): Planificación	S (Source): Aprovisionamiento	M (Make): Producción	D (Deliver): Distribución	Gestión de devoluciones	Gestión de residuos
P1: Planificación de la cadena de suministro.	S1: Recursos para el almacén.	M1: Producción contra almacén.	D1: Distribución de producto almacenado.	RM1: Devolución de insumos.	WM1: Manejo de reutilización.
P2: Planificación del aprovisionamiento.	S2: Aprovisionamiento bajo pedido de insumos críticos.	M2: Producción de larvas bajo pedido.	D2: Gestión de pedidos y entrega de larvas vivas.	RM2: Devolución de inventarios defectuosos.	WM2: Manejo de residuos.
P3: Planificación de la producción larvaria.			D3: Distribución de ventas al por menor.	RM3: Devolución del exceso inventario.	
P4: Planificación de la distribución.			D3: Distribución a otros clientes.		
P5: Planificación del retorno.					

Nota. Elaborado por los autores.

En la categoría de “Planificación (P)” se incluyen cinco subcategorías: planificación de la cadena de suministro (P1), planificación del aprovisionamiento (P2), planificación de la producción larvaria (P3), planificación de la distribución (P4) y planificación del retorno (P5). Estas subcategorías son esenciales para Pricmar S.A., ya que la empresa debe gestionar de manera precisa todo el ciclo productivo, desde la proyección de la demanda hasta la entrega de larvas al cliente final. La planificación adecuada permite coordinar los ciclos biológicos con la disponibilidad de recursos (tanques, alimento, insumos y personal), evitando retrasos, sobrecostos y pérdidas por falta de sincronización.

En “Aprovisionamiento (S)”, se seleccionó la subcategoría S2, centrada en el aprovisionamiento bajo pedido de insumos críticos. Este proceso es determinante en la empresa, ya que el éxito de la producción depende directamente de la calidad y puntualidad en la entrega de insumos biológicos, químicos y materiales sanitarios. La selección de proveedores confiables, junto con un control adecuado de inventarios, garantiza la continuidad operativa y la estabilidad de los parámetros de cultivo.

La “Producción (M)” se representa mediante la subcategoría M2, correspondiente a la producción bajo pedido. Este proceso refleja el corazón operativo de Pricmar S.A., en el cual las larvas se producen según la planificación establecida y las especificaciones de los clientes. Cada ciclo productivo requiere control riguroso de parámetros fisicoquímicos del agua, manejo

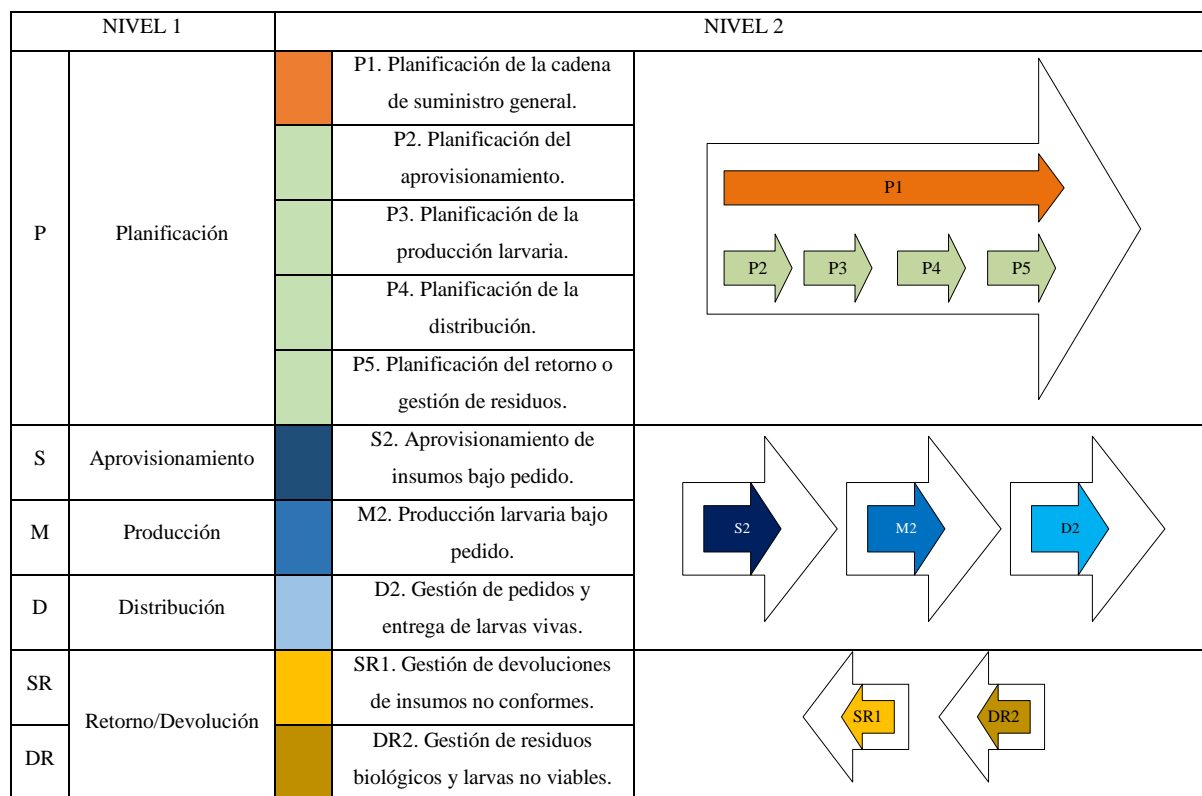
de alimento, supervisión sanitaria y registro de supervivencia. La capacidad de la empresa para cumplir los volúmenes solicitados dentro de los plazos definidos constituye una ventaja competitiva directa.

En cuanto a la “Distribución (D)”, se adoptó la subcategoría D2, que abarca la gestión de pedidos y la entrega de larvas vivas. La logística de distribución resulta crítica debido a la naturaleza biológica del producto, que exige un transporte rápido y controlado en temperatura y oxigenación. La coordinación adecuada entre las áreas de producción y transporte asegura que las larvas lleguen en condiciones óptimas de viabilidad y calidad al cliente final.

Finalmente, en “Retornos (devoluciones/residuos) (RM/WM)” se incluyen las subcategorías RM1 y WM2, que tratan sobre la devolución de insumos no conformes y el manejo de residuos o mortalidades generados durante el proceso productivo. La Gestión de Devoluciones y Residuos constituye un componente fundamental del sistema, no solo por su impacto económico, sino también por su relevancia ambiental. Pricmar S.A., promueve la reutilización o valorización de materiales siempre que sea posible, destinando los residuos orgánicos al compostaje o disposición final segura.

Figura 10.

Configuración de las categorías de los procesos de la cadena.



Nota. Elaborado por los autores.

La Figura 10 presenta la configuración de las categorías de los procesos de la cadena de suministro de Pricmar S.A., adaptada al modelo SCOR. En ella se observa la estructura jerárquica que conecta los cinco macroprocesos principales Planificación (Plan), Aprovechamiento (Source), Producción (Make), Distribución (Deliver) y Retorno (Return) con sus respectivas subcategorías operativas en el nivel 2. El diseño refleja la integración secuencial y lógica de los procesos que conforman la cadena de suministro larvaria, permitiendo identificar las interdependencias entre cada fase y su contribución al flujo general de materiales, información y decisiones. En el caso de la “Planificación (P)”, se evidencia la subdivisión en cinco etapas que abarcan desde la programación general de la cadena hasta la gestión de devoluciones, garantizando la coherencia entre las metas productivas, la disponibilidad de recursos y la demanda de los clientes. El “Aprovechamiento (S)” se representa mediante la subcategoría de gestión de insumos bajo pedido, donde se destacan las actividades de evaluación y selección de proveedores, así como el control de inventarios y lead times, aspectos críticos para asegurar la continuidad productiva. La “Producción (M)” muestra el flujo operativo de la generación de larvas bajo pedido, destacando la importancia del control de parámetros biológicos y de calidad, mientras que la “Distribución (D)” evidencia la secuencia de actividades para la preparación, transporte y entrega de larvas vivas, enfatizando la trazabilidad y la preservación de la calidad del producto durante el envío. Finalmente, la categoría de “Retorno (RM/WM)” ilustra la gestión del manejo de residuos, mortalidades e insumos no conformes, integrando acciones orientadas a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento de normativas sanitarias.

Nivel 3: SCOR (Control)

En este nivel, se identifican los elementos específicos de control asociados a cada macroproceso de la cadena de suministro de Pricmar S.A., con el objetivo de garantizar la trazabilidad, medición del desempeño y mejora continua en cada etapa operativa. En el tercer nivel del modelo SCOR, se descomponen las categorías generales en elementos de procesos detallados. La empresa Pricmar S.A., trabaja mediante un sistema de producción continua (ciclo), el cual requiere una configuración de elementos de proceso que refleje su estructura operativa y sus necesidades específicas, por lo tanto, posteriormente se justifica la elección de estos elementos aplicados a la empresa.

Planificación (P): estos pasos son esenciales para que Pricmar S.A., asegure una adecuada planificación de la producción larvaria de acuerdo con la demanda y la capacidad

instalada. El proceso integra la información de los departamentos de planificación, producción y control de calidad, permitiendo prever la cantidad de larvas a sembrar, el consumo de insumos, la disponibilidad de tanques y la programación de los ciclos. De esta manera, se mantiene un flujo constante de operaciones que contribuye a la eficiencia y estabilidad de la cadena de suministro, reduciendo los retrasos y optimizando los recursos.

Tabla 23.

Categoría Planificación general de la cadena de suministro.

Planificación general de la cadena de suministros (P1)
P1.1: Identificar y consolidar los requerimientos de producción larvaria en función de la demanda proyectada.
P1.2: Evaluar y consolidar la disponibilidad de recursos (tanques, insumos y personal).
P1.3: Balancear recursos con los requerimientos del ciclo productivo.
P1.4: Establecer y comunicar el plan integral de producción de larvas y abastecimiento.

Nota. Elaborado por los autores.

Estos pasos son fundamentales para asegurar que Pricmar S.A., pueda ajustar su producción según las demandas mensuales y mantener un flujo constante de materiales.

Tabla 24.

Categoría Planificación del aprovisionamiento.

Planificación del Aprovisionamiento (P2)
P2.1: Identificar los requerimientos de insumos biológicos, químicos y alimenticios necesarios para el ciclo.
P2.2: Evaluar y seleccionar los proveedores según calidad, cumplimiento y costo.
P2.3: Calcular la asignación óptima de recursos e inventario de seguridad.
P2.4: Establecer y comunicar el plan de abastecimiento y entregas.

Nota. Elaborado por los autores.

La Planificación del aprovisionamiento en Pricmar S.A., busca garantizar la disponibilidad oportuna de insumos críticos para la producción larvaria, evitando interrupciones en los ciclos de cultivo. Este proceso implica la evaluación continua de proveedores, la estimación de inventarios mínimos y el establecimiento de un cronograma de compras que se sincroniza con el plan de producción. Su correcta aplicación permite reducir la dependencia de suministros externos, mejorar la calidad de los insumos y fortalecer la trazabilidad dentro de la cadena de suministro.

Aprovisionamiento (S): la Tabla 25 resume los elementos esenciales del proceso de Aprovisionamiento en Pricmar S.A., desde la identificación de insumos críticos hasta la evaluación periódica de los proveedores. Estos pasos permiten asegurar la continuidad operativa de los ciclos larvarios mediante niveles de stock adecuados, procedimientos formales de recepción y verificaciones de calidad. Asimismo, la retroalimentación a través de la evaluación de proveedores facilita la mejora continua en la cadena de suministro y minimiza el riesgo de interrupciones por entregas no conformes.

Tabla 25.

Categoría Aprovisionamiento.

Planificación y gestión del Aprovisionamiento (S2)
S2.1: Identificar y clasificar insumos críticos (alimento, reactivos, material sanitario).
S2.2: Establecer puntos de reorden y niveles de stock de seguridad.
S2.3: Emitir y gestionar órdenes de compra conforme al plan de producción.
S2.4: Verificar recepción y conformidad de los lotes (inspección técnica y sanitaria).
S2.5: Registrar entradas en inventario y comunicar disponibilidad a producción.
S2.6: Evaluar desempeño de proveedores y actualizar matriz de evaluación.

Nota. Elaborado por los autores.

Estas actividades son esenciales para garantizar la disponibilidad y calidad de los insumos acuícolas, lo que es crítico en la producción de las larvas.

Producción (M): el proceso de producción (Make) representa el núcleo operativo de Pricmar S.A., donde se lleva a cabo la cría y desarrollo de las larvas. La secuencia de pasos busca garantizar condiciones ambientales estables, manejo técnico adecuado y control riguroso de calidad. La implementación de protocolos operativos y sistemas de monitoreo permite disminuir las pérdidas biológicas y mejorar los indicadores de supervivencia.

Tabla 26.

Categoría Producción.

Producción (M2)
M2.1: Preparar tanques y sistemas de cultivo según los parámetros establecidos en los SOP.
M2.2: Controlar la siembra y seguimiento de larvas en cada fase del ciclo.
M2.3: Monitorear parámetros críticos (temperatura, salinidad, oxígeno y alimentación).
M2.4: Registrar y analizar las tasas de supervivencia y crecimiento diario.

Nota. Elaborado por los autores.

Estas actividades aseguran que la producción de larvas sea conforme a las especificaciones del cliente, manteniendo altos estándares de calidad.

Distribución (D): se enfoca en asegurar que las larvas producidas lleguen a los clientes en el tiempo y condiciones óptimas. La correcta programación de los despachos, junto con el control de trazabilidad y documentación sanitaria, garantiza la satisfacción del cliente y el cumplimiento de normativas. Este proceso contribuye directamente al prestigio comercial de Pricmar S.A., fortaleciendo la confianza de los productores acuícolas que dependen de la calidad del material biológico suministrado.

Tabla 27.

Categoría Distribución.

Distribución (D2)
D2.1: Programar los despachos de larvas conforme al plan de producción y pedidos confirmados.
D2.2: Coordinar la logística de transporte bajo condiciones controladas.
D2.3: Verificar trazabilidad y documentación sanitaria antes del envío.
D2.4: Monitorear tiempos y condiciones de entrega.

Nota. Elaborado por los autores.

Este flujo asegura una entrega eficiente y puntual, crucial para mantener la calidad de las larvas vivas.

Retorno (RM/WM): contempla las actividades destinadas a manejar productos o insumos que no cumplen con los estándares establecidos. Su adecuada gestión permite mantener la trazabilidad, reducir pérdidas y garantizar la calidad del producto final. Este proceso también aporta información valiosa al sistema de mejora continua, permitiendo identificar causas recurrentes de no conformidad y fortalecer los mecanismos preventivos dentro de la cadena de suministro.

Tabla 28.

Categoría Retorno.

Gestión de devoluciones de insumos defectuosos (RM1)	Gestión de residuos y mortalidades (WM2)
RM1.1: Identificar y clasificar los insumos defectuosos recibidos o detectados en almacén.	WM1.1: Registrar mortalidades y residuos generados por lote/ciclo.
RM1.2: Autorizar la notificación formal al proveedor y la solicitud de reposición o nota C./.	WM1.2: Segregar residuos (orgánicos valorizables, no valorizables, peligrosos) y etiquetado por lote.

RM1.3: Procesar la devolución (logística inversa), documentar el caso y cerrar con acuerdo (reposición/crédito).

RM1.4: Actualizar registros de calidad e incorporar aprendizajes al proceso de compras (acciones correctivas).

WM1.3: Aplicar tratamiento o disposición final según clasificación (compostaje, tratamiento biológico, disposición segura).

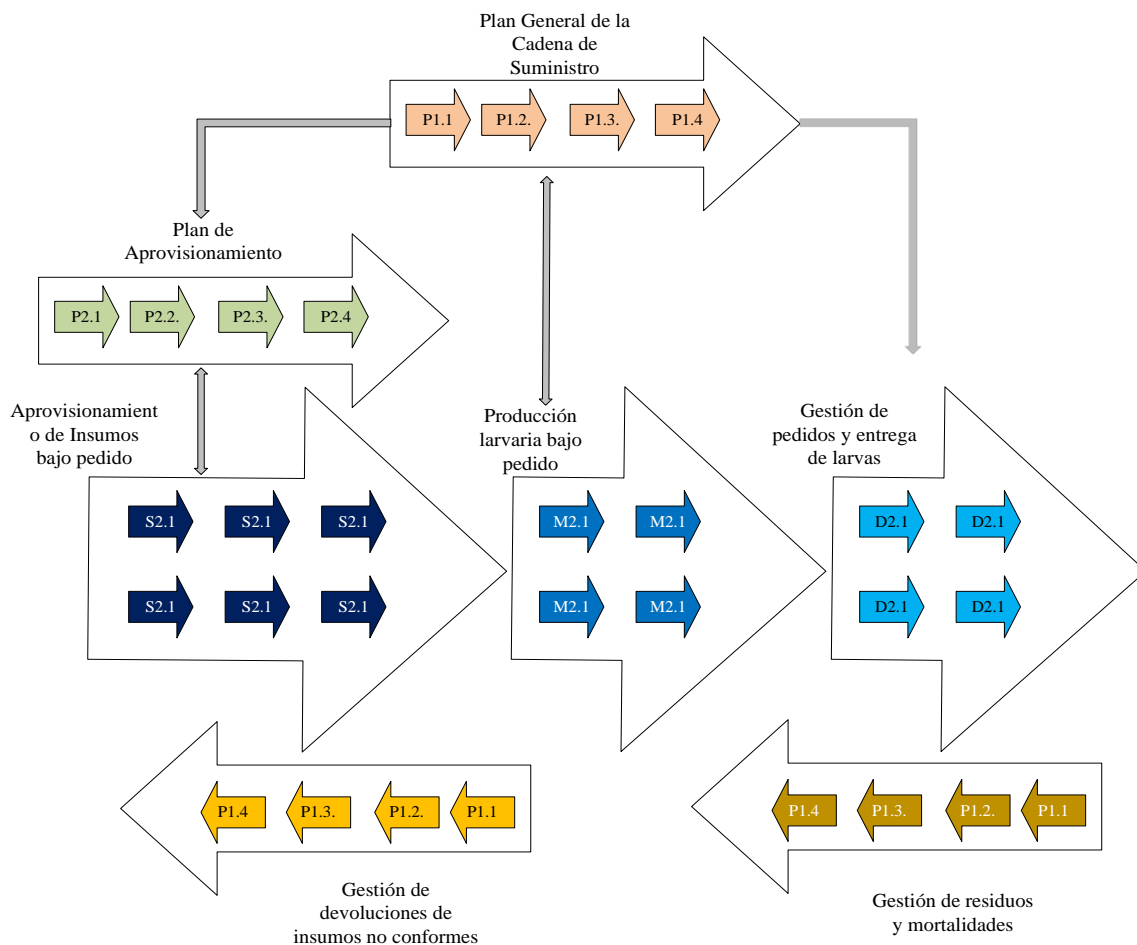
WM1.4: Informar y reportar volúmenes y causas a calidad y medio ambiente; ejecutar acciones preventivas.

Nota. Elaborado por los autores.

El nivel de elementos de control establece una estructura técnica y detallada para cada actividad que compone la cadena de suministro de Pricmar S.A., permitiendo una gestión integral y un control eficiente de las operaciones logísticas y productivas. Este enfoque favorece la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y la mejora continua en la calidad del proceso larvario, asegurando que cada etapa contribuya de manera coherente al cumplimiento de los objetivos de producción y sostenibilidad de la empresa (Figura 11).

Figura 11.

Elementos del tercer nivel de la cadena de suministro.



Nota. Elaborado por los autores.

CAPÍTULO III

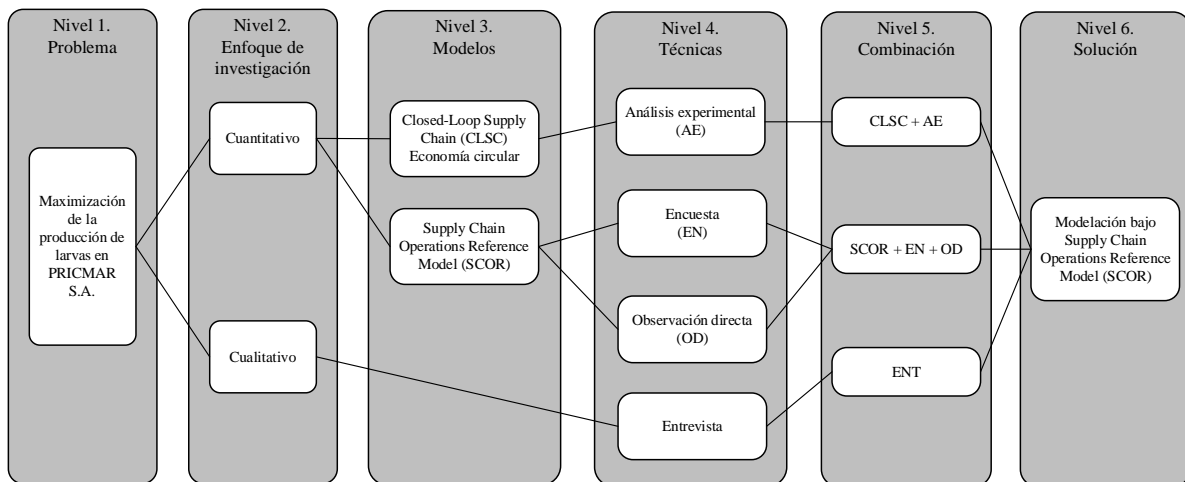
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Alternativas de solución

El modelo metodológico de la presente investigación se estructura de manera secuencial en seis niveles interrelacionados que permiten abordar de forma integral la problemática de la maximización de la producción de larvas en Pricmar S.A., a través del diseño y evaluación de un modelo de cadena de suministro optimizado.

Figura 12.

Protocolo final de investigación.



Nota. Elaborado por los autores.

En el nivel 1, se establece el problema central, enfocado en la necesidad de incrementar la eficiencia productiva y logística del proceso larvario.

El nivel 2 corresponde al enfoque de investigación, de carácter cuantitativo y cualitativo. El enfoque cuantitativo se refleja en el uso de técnicas de modelación matemática y simulación, mientras que el enfoque cualitativo permite comprender las condiciones operativas actuales mediante observación directa y entrevistas al personal técnico.

El nivel 3 contempla los modelos aplicados, destacando principalmente el Supply Chain Operations Reference Model (SCOR) como marco de referencia para estructurar, diagnosticar y mejorar los procesos de la cadena de suministro. De manera complementaria, se integra un modelo matemático de optimización basado en programación lineal entera mixta (MILP),

orientado a determinar la mejor asignación de recursos y maximizar la producción larvaria, y un modelo de simulación en FlexSim, utilizado para validar el comportamiento del sistema en escenarios reales y propuestos.

En el nivel 4, se identifican las técnicas de recolección y análisis de datos, que incluyen la observación directa, entrevistas semiestructuradas y el análisis experimental, los cuales sustentan la caracterización de la situación actual y la evaluación de resultados obtenidos mediante la simulación y optimización.

El nivel 5 corresponde a la combinación metodológica, donde se integran los enfoques teóricos y técnicos. La metodología SCOR se combina con la modelación matemática MILP y la simulación discreta (FlexSim), lo que permite representar, analizar y validar el flujo operativo de Pricmar S.A., bajo un esquema de mejora continua.

Finalmente, el nivel 6 define la solución propuesta, que consiste en la implementación de un modelo de optimización de la cadena de suministro basado en SCOR, potenciado mediante técnicas de programación lineal entera mixta (MILP) para la maximización de la producción de larvas y validado mediante la simulación en FlexSim, garantizando la aplicabilidad del modelo en condiciones reales y su contribución al fortalecimiento de la eficiencia operativa de la empresa.

3.2. Implementación de la propuesta


3.2.1. Propuesta macroproceso 1: Planificar (Plan)

La Tabla 29 presenta el diagrama de flujo del macroproceso “Planificar” en su versión propuesta, donde la planificación manual es reemplazada por herramientas tecnológicas integradas. La incorporación de simulaciones MILP y sistemas digitales permite sincronizar en tiempo real la información de inventarios, recursos y demanda, reduciendo significativamente la carga operativa del proceso.

Gracias a esta automatización, el tiempo total del macroproceso disminuye en aproximadamente un 65 % respecto a la situación inicial, eliminando tareas duplicadas y desplazamientos físicos innecesarios. Este nuevo enfoque facilita una programación mensual más precisa y eficiente de la producción larvaria.

Tabla 29.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Planificar".

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 001			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta			
			Operación	○		3			
			Inspección	□		2			
			Transporte	⇒					
Producto: Larvas			Demora	D					
			Almacenamiento	▽					
			Distancia (m)			5			
Método: Actual Propuesto X			Tiempo (hora-hombre)			55 min			
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones
Descripción	Distancia (metros)			○	□	⇒	D	▽	
1	Recolección de datos de demanda y ventas (digital).		20 min	●					Uso de base de datos integrada.
2	Verificación automática de inventarios.		10 min	●					Control digital.
3	Ajuste del plan mediante simulación MILP.		15 min		●				Optimiza recursos.
4	Comunicación digital con gerencia para aprobación.	5	2 min	●					Aprobación remota.
5	Emisión de plan final y carga en sistema.		8 min	●					Difusión digital.

Nota. Elaborado por los autores.






El análisis del macroproceso “Planificar” evidencia una mejora sustancial en eficiencia y precisión operativa. La digitalización del proceso elimina la dependencia de registros manuales y reduce significativamente los tiempos muertos asociados a validaciones presenciales y compilación de información. Asimismo, la integración de modelos MILP permite optimizar la asignación de recursos y anticipar variaciones en la demanda, fortaleciendo la capacidad de respuesta del sistema productivo. La eliminación de recorridos internos y la centralización de la información disminuyen la carga operativa del personal y aumentan la confiabilidad del plan de producción. En conjunto, el proceso propuesto consolida una planificación más ágil, automatizada y alineada con estándares modernos de gestión logística.

Propuesta macroproceso 2: Aprovisionar (Source)

La Tabla 30 presenta el diagrama de flujo propuesto del macroproceso “Aprovisionar”, en el cual se digitaliza por completo el flujo de pedidos y la recepción de insumos. Las llamadas y verificaciones manuales se sustituyen por alertas automáticas y registros electrónicos, permitiendo reducir el tiempo total del proceso a menos de una hora. La incorporación de trazabilidad digital y control de calidad asegura la disponibilidad oportuna de materiales y mejora la coordinación con los proveedores, evitando retrasos que puedan afectar la continuidad productiva.

Tabla 30.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Aprovisionar".

Diagrama de flujo de procesos								
Diagrama # 001			Resumen					
			Actividad		Actual	Propuesta		
			Operación			3		
			Inspección			2		
			Transporte			1		
Producto: Larvas			Demora					
			Almacenamiento					
			Distancia (m)			10 m		
Método: Actual Propuesto X			Tiempo (hora-hombre)			57 min		
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales					
Fecha:			Tiempo		Símbolo		Observaciones	
Descripción		Distancia (metros)						
1	Generar alerta de reposición automática.		5 min	●				Sistema vinculado al inventario.
2	Verificación digital del stock mínimo.		8 min		●			Control en tiempo real.
3	Emisión de pedido electrónico al proveedor.		10 min	●				Comunicación vía ERP.
4	Coordinación de entrega vía plataforma digital.		5 min			●		Sin desplazamiento físico.
5	Recepción y control de calidad de insumos.	10	25 min		●			Procedimiento normalizado.
6	Registro automatizado en sistema.		4 min	●				Integración con contabilidad.

Nota. Elaborado por los autores.

La propuesta moderniza el proceso de Aprovisionamiento al eliminar tareas manuales y tiempos de espera, lo que agiliza la coordinación con proveedores y permite una reposición más rápida y confiable de los insumos. La automatización de alertas y registros disminuye los errores en la gestión, mientras que la trazabilidad digital facilita el control de la calidad y el


seguimiento de cada entrega. Con ello, el proceso se vuelve más preciso, rápido y estable, reduciendo el riesgo de interrupciones en la producción y fortaleciendo la eficiencia operativa del sistema logístico.

Propuesta macroproceso 3: Producción (Make)

La Tabla 31 presenta el diagrama de flujo propuesto del macroproceso “Producir”, en el cual se incorpora automatización en las tareas críticas del ciclo larvario. La digitalización de registros mediante sensores y terminales conectados permite reducir los tiempos operativos en aproximadamente un 35 % y los desplazamientos en un 80 %. Además, la supervisión digital de los parámetros ambientales facilita un control continuo en tiempo real, lo que contribuye a mejorar la estabilidad del proceso y aumentar la tasa de supervivencia larvaria.

Tabla 31.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Producir".

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 001			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta			
			Operación	○		4			
			Inspección	□		1			
			Transporte	⇒					
Producto: Larvas			Demora	D					
			Almacenamiento	▽					
			Distancia (m)			15 m			
Método:	Actual	Propuesto X	Tiempo (hora-hombre)			13.5 h			
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones
Descripción	Distancia (metros)			○	□	⇒	D	▽	
1	Preparación y desinfección automatizada.		2 h	●					SOP digitalizado.
2	Siembra larvaria y registro digital.	5	1 h	●					Control en línea.
3	Alimentación automatizada.	10	8 h	●					Sistema programado.
4	Monitoreo fisicoquímico automatizado.		1 h		●				Sensores y alarmas.
5	Registro diario y conteo final digital.		1.5 h	●					Registro continuo.

Nota. Elaborado por los autores.

La automatización implementada transforma el proceso productivo al disminuir la carga operativa del personal y garantizar un monitoreo más preciso de las condiciones de cultivo. La


reducción significativa de desplazamientos y tiempos favorece una operación más ágil y menos propensa a errores, mientras que el registro digital centralizado mejora la trazabilidad y la toma de decisiones. El control ambiental en tiempo real permite reaccionar oportunamente ante variaciones, aumentando la consistencia del ciclo larvario y fortaleciendo el desempeño productivo general del sistema.

Propuesta macroproceso 4: Distribuir (Deliver)

La Tabla 32 presenta el diagrama de flujo propuesto del macroproceso “Distribuir”, donde se incorporan herramientas de optimización de rutas y sistemas de control ambiental digital durante el transporte. Estas mejoras permiten reducir el tiempo total de entrega en aproximadamente un 30 %, además de fortalecer la trazabilidad de cada pedido. La automatización de la documentación y el monitoreo en tiempo real contribuyen a una gestión más eficiente, garantizando entregas precisas y coordinadas.

Tabla 32.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Distribuir".

Diagrama de flujo de procesos											
Diagrama # 001				Resumen							
				Actividad					Actual	Propuesta	
				Operación					○		4
				Inspección					□		1
				Transporte					⇒		
Producto: Larvas				Demora					D		
				Almacenamiento					▽		
				Distancia (m)						10 km	
Método: Actual Propuesto X				Tiempo (hora-hombre)						87 min	
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson				Totales							
Fecha:				Tiempo					Observaciones		
Descripción		Distancia (metros)		Símbolo							
				○	□	⇒	D	▽			
1	Programación digital de entregas.		5 min	●					Planificación automatizada.		
2	Preparación y embalaje controlado.		10 min	●					Trazabilidad por lote.		
3	Verificación de condiciones del transporte.		8 min		●				Sensores de oxígeno y temperatura.		
4	Envío a clientes mediante rutas optimizadas.	10 km	60 min	●					Reducción del tiempo logístico.		
5	Confirmación de entrega digital.		4 min	●					Validación con firma electrónica.		

Nota. Elaborado por los autores.


La propuesta moderniza la distribución al integrar tecnología que optimiza el uso de recursos y mejora la puntualidad de las entregas. El monitoreo digital del transporte asegura condiciones adecuadas para el producto y permite detectar desviaciones de inmediato, mientras que la automatización documental reduce errores y elimina trámites manuales. La mayor trazabilidad genera un flujo logístico más confiable y transparente.

Propuesta macroproceso 5: Retornar (Return)

La Tabla 33 presenta el diagrama de flujo propuesto para el proceso de “Gestión de Residuos”, donde la clasificación, el registro y la disposición final se optimizan mediante digitalización y estandarización de procedimientos. La automatización de tareas esenciales permite reducir el tiempo total del proceso en más del 50 % en comparación con la situación inicial. Asimismo, los registros ambientales se gestionan de forma automática.

Tabla 33.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Gestión de Residuos".

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 001			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta			
			Operación	○		2			
			Inspección	□		2			
			Transporte	⇒		1			
Producto: Larvas			Demora	D					
			Almacenamiento	▽					
			Distancia (m)			35 m			
Método: Actual X Propuesto			Tiempo (hora-hombre)			12 h			
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:		Distancia (metros)	Tiempo	Símbolo					Observaciones
Descripción				○	□	⇒	D	▽	
1	Inspección de residuos.		1 h		●				Revisión de residuos existentes.
2	Recolección y clasificación de residuos.	15	2 h	●					SOP digital.
3	Ponderación y registro digital.		1 h		●				Control de trazabilidad.
4	Traslado a compostaje o reciclaje.	20	1 h			●			Proceso controlado.
5	Compostaje y valorización de residuos.		6 h	●					Aprovechamiento ≥70 %.
6	Evaluación ambiental final.		1 h		●				Cumplimiento normativo.












Nota. Elaborado por los autores.

La propuesta fortalece el manejo de residuos al introducir controles digitales que facilitan la organización del proceso y reducen la carga operativa del personal. La estandarización de actividades mejora la consistencia de la clasificación y disminuye riesgos asociados a prácticas informales de disposición. La trazabilidad automatizada proporciona información confiable para auditorías y reportes ambientales, alineando el proceso con los requisitos normativos y con las metas de sostenibilidad de la empresa. Este rediseño contribuye a una gestión más segura, eficiente y coherente con los objetivos de desarrollo sostenible.

La Tabla 34 presenta el diagrama de flujo propuesto para el subproceso “Devoluciones”, donde se implementa la digitalización integral del registro, la evaluación y la resolución de los casos. Con esta propuesta, el tiempo total del proceso se reduce en más del 80 %, ya que las actividades manuales son sustituidas por procedimientos automatizados y la gestión documental se centraliza. El flujo físico se limita únicamente a los traslados esenciales del material, mientras que la trazabilidad electrónica.

Tabla 34.

Propuesta diagrama de flujo de procesos "Devoluciones".

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 001			Resumen						
			Actividad		Actual	Propuesta			
			Operación 						
			Inspección 						
			Transporte 						
Producto: Larvas			Demora 						
			Almacenamiento 						
			Distancia (m)			15 m			
Método: Actual X Propuesto			Tiempo (hora-hombre)			33 min			
Elaborado por: Tigua Juan – Malavé Jefferson			Totales						
Fecha:			Tiempo	Símbolo					Observaciones
Descripción		Distancia (metros)							
1	Registro digital de devolución.		5 min	●					Sistema automatizado.
2	Evaluación de lote o insumo.	5	10 min		●				Checklist digital.
3	Registro de reposición o crédito.		5 min	●					Integración contable.
4	Retiro o reubicación del material.	10	10 min			●			Flujo logístico controlado.
5	Cierre de caso y notificación.		3 min	●					Comunicación interdepartamental.

Nota. Elaborado por los autores.

La digitalización del subproceso de “Devoluciones” agiliza la gestión de casos y disminuye significativamente la posibilidad de errores en el registro o seguimiento. La trazabilidad electrónica permite identificar rápidamente las causas de cada devolución y facilita la retroalimentación entre compras, producción y calidad, fortaleciendo la capacidad de prevención de no conformidades.

El análisis de los diagramas de flujo de procesos propuestos evidencia una transformación significativa en la gestión operativa de Pricmar S.A., orientada hacia la digitalización, estandarización y optimización de los macroprocesos que integran la cadena de suministro. La incorporación de herramientas informáticas, indicadores SCOR y metodologías de optimización MILP permite reducir los tiempos de ejecución y desplazamiento físico en más del 60 %, mejorando la trazabilidad y la eficiencia del flujo productivo. Procesos que anteriormente dependían de registros manuales y decisiones empíricas ahora se apoyan en sistemas automatizados, sensores y bases de datos integradas, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda y disponibilidad de insumos.

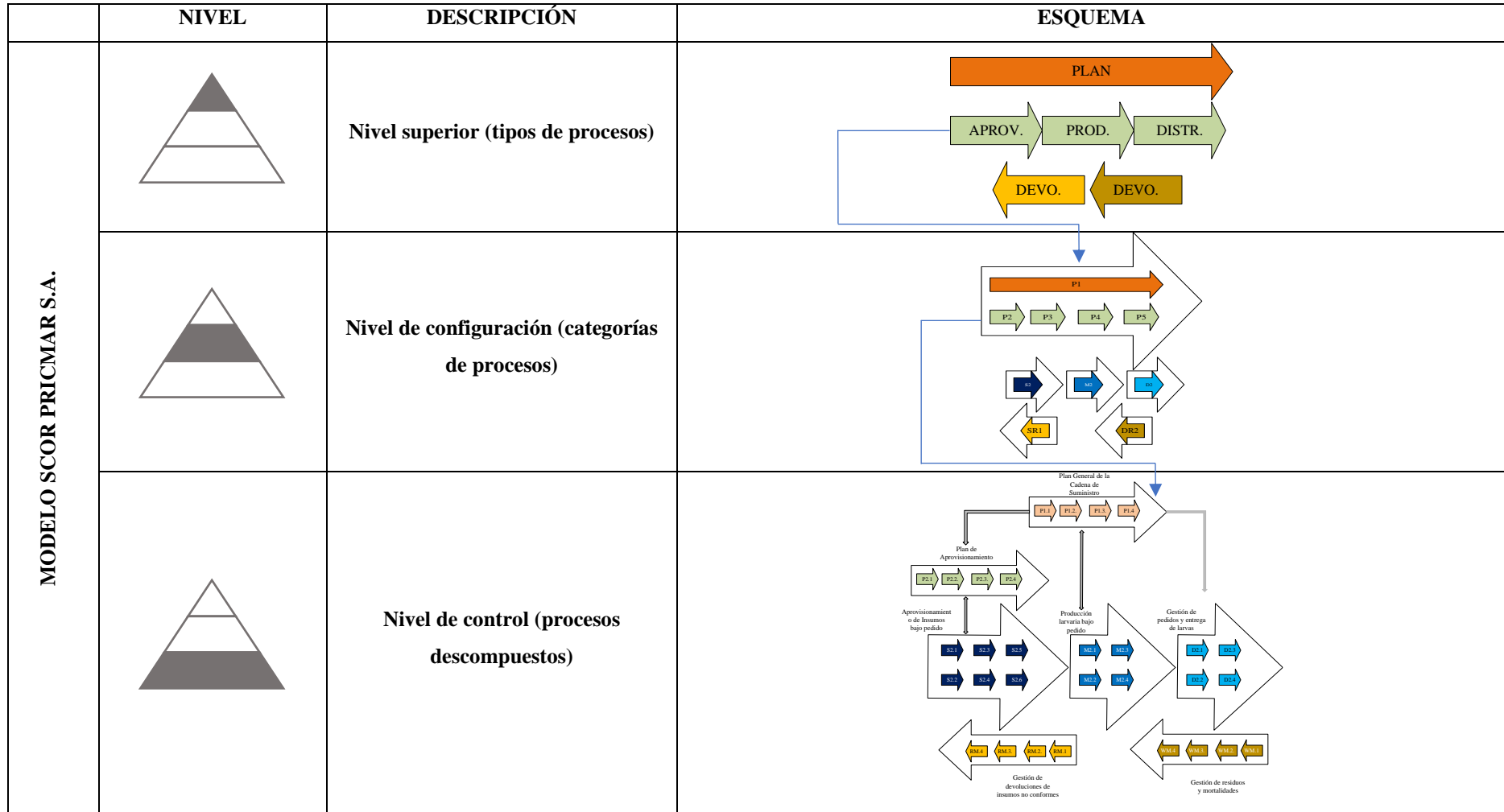
De manera global, la propuesta consolida un modelo de cadena de suministro más ágil, preciso y sostenible, que integra las áreas de Planificación, Aprovisionamiento, Producción, Distribución Y Retorno mediante un enfoque sistémico y de mejora continua. La reducción de tiempos improductivos, la automatización de registros y la incorporación de controles digitales incrementan la productividad y calidad del proceso larvario, contribuyendo directamente a la maximización de la producción y al aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles. Estos resultados reflejan la viabilidad técnica del modelo propuesto y su alineación con los principios de sostenibilidad y competitividad industrial

3.2.2. Diseño del modelo SCOR para la empresa Pricmar S.A.

El diseño del modelo SCOR para Pricmar S.A., se orienta a la estructuración y optimización de los procesos que conforman su cadena de suministro, con el propósito de incrementar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados al ciclo de producción larvaria. Al ser un marco de referencia internacionalmente reconocido, el modelo SCOR proporciona una guía metodológica precisa para la identificación, análisis y mejora continua de los procesos logísticos y productivos. En el caso de Pricmar S.A., su diseño se fundamenta en un diagnóstico exhaustivo de las operaciones actuales, permitiendo reconocer las principales limitaciones y definir acciones estratégicas de mejora que contribuyan a la maximización de la producción de larvas y a la sostenibilidad del sistema (Figura 13).

Figura 13.

Modelo SCOR Pricmar S.A.



Nota. Elaborado por los autores.

El análisis integral de los macroprocesos SCOR evidencia que las principales limitaciones de Pricmar S.A., se concentran en las fases de Planificación y Aprovisionamiento, correspondientes a la variable independiente cadena de suministro, donde los procesos muestran bajo nivel de integración y dependencia de la experiencia empírica. En cambio, la variable dependiente Producción de larvas presenta resultados más favorables en los macroprocesos Make, Deliver y Return, aunque con oportunidades de mejora en control sanitario y sostenibilidad. Estas observaciones, sustentadas en los resultados de las encuestas y en los indicadores operativos, respaldan la propuesta de fortalecer la gestión integral de la cadena de suministro para optimizar la eficiencia bioproductiva del sistema.

Etapa 3: Evaluación logística y propuesta del modelo

En esta etapa se desarrolló una evaluación logística de la situación actual mediante un modelo matemático, con el propósito de representar cuantitativamente el desempeño real de la cadena de suministro y determinar la capacidad instalada de producción de larvas en Pricmar S.A. Este modelo permitió analizar la utilización de los recursos disponibles, los costos asociados y la eficiencia alcanzada en cada tanque de cultivo, estableciendo una línea base para la mejora. A partir de estos resultados, se formuló una propuesta de modelo matemático de optimización, orientada a maximizar la producción larvaria bajo las restricciones reales de capacidad, presupuesto e insumos. De este modo, la etapa 3 integra tanto el diagnóstico operativo actual como el diseño de un sistema optimizado, consolidando la base técnica para la toma de decisiones logísticas y la mejora continua en la empresa.

El uso de modelos matemáticos de optimización, particularmente aquellos basados en programación lineal entera mixta (MILP), se justifica por su capacidad para representar de manera cuantitativa y precisa el comportamiento de los procesos dentro de la cadena de suministro. En el contexto del modelo SCOR, que estructura las operaciones en los macroprocesos Planificar, Aprovisionar, Producir, Distribuir y Retornar, los modelos MILP permiten evaluar el desempeño de cada fase mediante variables medibles y restricciones operativas, posibilitando la identificación de cuellos de botella, la estimación de capacidades y la simulación de escenarios de mejora.

De acuerdo con Ayyildiz & Taskin Gumus, (2020), el modelo SCOR ha evolucionado hacia versiones más analíticas, como el denominado SCOR 4.0, que incorpora métricas derivadas de la digitalización y la industria 4.0 para apoyar la toma de decisiones multicriterio.

En este marco, los modelos matemáticos se consolidan como herramientas esenciales para cuantificar el desempeño y optimizar recursos. Su integración permite transformar la información operativa en resultados cuantificables y comparables, fortaleciendo la gestión logística y la planificación productiva.

Por ello, en la presente investigación se recurre al uso de un modelo matemático MILP para representar, en primer lugar, la situación actual del sistema productivo de Pricmar S.A., cuantificando la capacidad instalada y los niveles de eficiencia alcanzados. Posteriormente, se desarrolla un modelo propuesto orientado a la maximización de la producción de larvas, bajo restricciones de capacidad y presupuesto. Este enfoque garantiza una evaluación integral y objetiva del desempeño de la cadena de suministro, en coherencia con los principios del modelo SCOR y los estándares de análisis logístico.

3.2.3. Modelo matemático de la situación actual

El modelo matemático de la situación actual (Anexo 21) representa el comportamiento real del proceso de producción de larvas en la empresa Pricmar S.A., ubicada en Palmar, provincia de Santa Elena. Este modelo tiene como finalidad cuantificar el desempeño actual de la cadena de suministro, considerando los recursos empleados, las capacidades de los tanques de producción y los costos asociados. A diferencia del modelo propuesto, este no busca optimizar la producción, sino describir el estado operativo real de la organización.

La información utilizada proviene del diagnóstico inicial y de los registros de producción de la empresa, donde se identificaron tres tanques principales de cultivo (T1, T2 y T3), con tasas de supervivencia promedio del 70 % y un uso del presupuesto cercano al 96 %. La variables y parámetros utilizados se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35.

Variables y parámetros.

Símbolo	Descripción	Unidad / Tipo
x_i	Cantidad de larvas sembradas en el tanque i .	Unidades.
S_i	Tasa de supervivencia larvaria del tanque i .	Porcentaje (%).
P_i	Producción de larvas vivas en el tanque i .	Unidades.
P_T	Producción total de larvas vivas.	Unidades.
C_i^{op}	Costo operativo unitario por larva sembrada.	USD/larva.

C_i^{ins}	Costo de insumo unitario por larva sembrada.	USD/larva.
CT_i	Costo total de operación del tanque i .	USD.
CT_T	Costo total del sistema de producción.	USD.
B	Presupuesto mensual disponible.	USD.
U_B	Porcentaje de uso del presupuesto.	%.
C_{1000}	Costo por cada 1,000 larvas vivas producidas.	USD.

Nota. Elaborado por los autores.

Formulación matemática del modelo

El modelo se compone de un conjunto de ecuaciones descriptivas que permiten calcular la producción y los costos totales del sistema:

$$(1) P_i = x_i * S_i$$

$$(2) P_T = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n (x_i * S_i)$$

$$(3) CT_i = x_i * (C_i^{op} + C_i^{ins})$$

$$(4) CT_T = \sum_{i=1}^n CT_i = \sum_{i=1}^n [x_i * (C_i^{op} + C_i^{ins})]$$

$$(5) U_B = \frac{CT_T}{B} * 100$$

$$(6) C_{1000} = \frac{CT_T}{\left(\frac{P_T}{1000}\right)}$$

Donde:

- $n = 3$ tanques de cultivo (T1, T2, T3).
- Todos los valores se basan en los registros de operación de la empresa antes de aplicar la optimización.

Los valores reales utilizados en el modelo se presentan en la Tabla 36.

Tabla 36.

Valores reales utilizados en modelo matemático de la situación actual.

Tanque	Larvas sembradas x_i	Supervivencia S_i	Larvas vivas P_i	Costo total CT_i
T1	500000	0.70	350000	\$1500
T2	450000	0.70	315000	\$1350
T3	400000	0.70	280000	\$1200
Total	1350000	—	945000	\$4050

Nota. Elaborado por los autores.

La empresa Pricmar S.A., dispone de un presupuesto total de \$4200, del cual se utiliza el 96.4 % en la etapa inicial del proceso productivo. Asimismo, se determina que el costo promedio por cada 1000 larvas vivas es de \$4.29, indicador que sirve como referencia para evaluar la rentabilidad y optimizar los costos en los siguientes ciclos de producción.

Los resultados del modelo matemático de la situación actual (Anexo 21) indican que Pricmar S.A., mantiene una producción de aproximadamente 945000 larvas vivas mensuales, con un gasto total de \$4050, lo cual representa un 96.4 % del presupuesto disponible. A pesar de que la tasa de supervivencia es estable (70 %), la distribución actual de la siembra entre tanques no es la más eficiente, debido a que no todos los recursos se aprovechan de forma proporcional a la capacidad productiva.

El modelo matemático de la situación actual permite representar fielmente el desempeño operativo de Pricmar S.A., antes de implementar la propuesta de optimización. Este modelo sirve como línea base de comparación para el modelo propuesto, permitiendo cuantificar las mejoras en producción, costos y eficiencia que se obtienen al aplicar la metodología de optimización basada en programación lineal (MILP). De esta manera, se procede a construir el modelo matemático con el objetivo de maximizar la producción de larvas con el presupuesto disponible de la empresa.

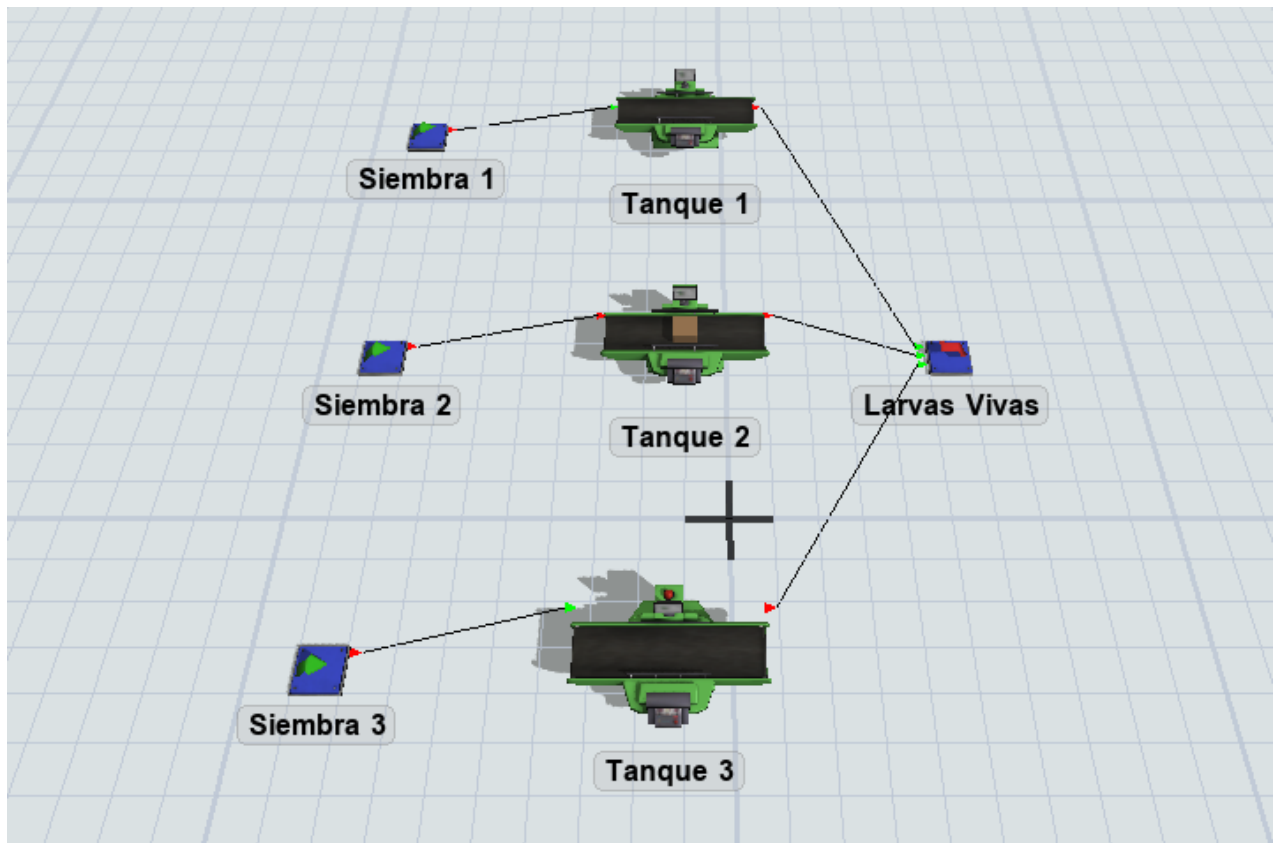
La simulación representa el proceso de producción de larvas en tres tanques de cultivo (T1, T2 y T3), donde cada tanque recibe una cantidad inicial de larvas sembradas y se aplica una tasa de supervivencia del 70 %. En el modelo, los bloques “siembra” simbolizan el ingreso de larvas a cada tanque, los “tanques” representan el proceso de cultivo y el bloque “larvas vivas” muestra el total de larvas que sobreviven al final del ciclo.

Los resultados indican que el “tanque 1”, con 500000 larvas sembradas, obtiene 350000 larvas vivas con un costo de \$1500; el “tanque 2”, con 450000 larvas sembradas, produce

315000 larvas vivas con un costo de \$1350; y el “tanque 3”, con 400000 larvas sembradas, genera 280000 larvas vivas con un costo de \$1200. En total, la simulación refleja una producción de 945000 larvas vivas con un costo global de \$4050, lo que permite analizar la eficiencia del sistema y estimar los costos por tanque para la toma de decisiones en la optimización del proceso productivo.

Figura 14.

Simulación situación actual.



Nota. Elaborado por los autores.

3.2.4. Modelo matemático de la situación propuesta

La propuesta se enfoca en la implementación de un modelo de cadena de suministro integral que permita optimizar el flujo de materiales, información y recursos, con el fin de maximizar la producción de larvas. El modelo SCOR se adaptó al proceso productivo larvario de Pricmar S.A., considerando los siguientes macroprocesos:

Tabla 37.*Modelo SCOR adaptado al proceso productivo.*

Proceso SCOR	Aplicación en Pricmar S.A.	Objetivo
Plan (Planificar)	Programación de ciclos larvarios según demanda y capacidad.	Equilibrar oferta y demanda.
Source (Aprovisionar)	Adquisición y control de calidad de insumos.	Reducir tiempos de entrega y desperdicio.
Make (Producir)	Cría de larvas bajo parámetros óptimos de temperatura y alimentación.	Maximizar supervivencia.
Deliver (Distribuir)	Transporte de larvas vivas hacia clientes.	Asegurar puntualidad y calidad.
Return (Retornar)	Manejo de residuos y aguas.	Disminuir impacto ambiental.

Nota. Elaborado por los autores.

Cada macroproceso fue evaluado mediante indicadores de desempeño (KPI) dentro del scorecard propuesto (Anexo 18), con responsables, frecuencia de medición y acciones correctivas definidas.

Objetivo de la propuesta

Diseñar e implementar un modelo logístico basado en el modelo SCOR, que incremente mejoré la tasa de supervivencia larvaria mediante la integración de procesos, control de insumos y planificación productiva.

3.2.5. Modelo matemático detallado (MILP)

El modelo de optimización de la cadena larvaria se fundamenta en un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (MILP) cuyo objetivo es maximizar la producción de larvas vivas respetando los límites de capacidad, presupuesto e insumos. Las variables, parámetros y restricciones utilizados en la formulación se definen como sigue en la Tabla 38.

Tabla 38.*Conjuntos y parámetros.*

x_i	Larvas sembradas en el tanque i
S_i	Tasa de supervivencia larvaria del tanque i .
C_i	Capacidad máxima del tanque i .
c_i^{op}	Costo operativo por larva.
c_i^{ins}	Costo de insumo por larva.
B	Presupuesto disponible (USD).

u_i	Consumo unitario de insumos.
S_{disp}	Disponibilidad de insumos.

Nota. Elaborado por los autores.

El modelo matemático fue implementado en lenguaje Python utilizando la librería PuLP, en donde cada restricción y la función objetivo fueron codificadas directamente a partir de las ecuaciones del modelo MILP. De esta manera, el código ejecutado representa la materialización computacional de las ecuaciones (1)–(5), garantizando coherencia entre la formulación teórica y la aplicación práctica.

Variable de decisión

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } i$$

Representa la cantidad de larvas sembradas en el tanque i .

Función objetivo

El modelo busca maximizar la producción total de larvas vivas, calculada como el producto entre la cantidad de larvas sembradas y su tasa de supervivencia:

$$(1) \text{ Maximizar } Z = \sum_{i=1}^n (x_i * S_i)$$

Restricciones:

a) Restricción de presupuesto total:

El gasto total en operación e insumos no debe exceder el presupuesto mensual disponible:

$$(2) \sum_{i=1}^n (x_i * (c_i^{op} + c_i^{ins})) \leq B$$

b) Restricción de disponibilidad de insumos:

La cantidad total de insumos utilizados por todos los tanques no puede superar la disponibilidad existente:

$$(3) \sum_{i=1}^n (x_i * u_i) \leq S_{disp}$$

c) Restricción de capacidad de los tanques:

Cada tanque sólo puede sembrarse hasta su capacidad máxima establecida:

$$(4) x_i \leq C_i \forall i$$

d) Condición de no negatividad:

$$(5) x_i \geq 0 \forall i$$

Formulación completa del modelo MILP

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^n (x_i * S_i)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n (x_i * (c_i^{op} + c_i^{ins})) \leq B$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i * u_i) \leq S_{disp}$$

$$x_i \leq C_i \forall i$$

$$x_i \geq 0 \forall i$$

- La ecuación (1) representa la función objetivo, que maximiza la cantidad total de larvas sobrevivientes.
- Las ecuaciones (2) y (3) garantizan que el modelo opere dentro de los límites financieros y de insumos disponibles.
- La restricción (4) evita la sobrepoblación de tanques, respetando su capacidad estructural.
- La condición (5) asegura la validez física de la solución (no negatividad).

El modelo anterior fue implementado en el lenguaje Python mediante la librería PuLP, empleando el solucionador CBC (Coin-or Branch and Cut), que utiliza técnicas de ramificación y acotación para obtener la solución óptima. Cada una de las ecuaciones (1)–(5) fue codificada de manera directa en el programa, garantizando consistencia entre la formulación teórica y la resolución computacional (Santos & Toffolo, 2020). Al ejecutar el modelo (Anexo 24) con los datos de PRICMAR S.A., se obtuvo la siguiente configuración óptima presentada en la Tabla 39.

Tabla 39.*Resultados del modelo matemático.*

Tanque	Capacidad (larvas)	Larvas sembradas óptimas x_i	Tasa de supervivencia S_i	Larvas vivas proyectadas P_i	Costo total CT_i
T1	700,000	700,000	0.72	504,000	\$2100
T2	650,000	650,000	0.72	468,000	\$1950
T3	650,000	50,000	0.72	36,000	\$90
Total	2,000,000	1,400,000	—	1,008,000	\$3840

Nota. Elaborado por los autores.

Los tanques T1 y T2 operan a plena capacidad debido a su mayor eficiencia de producción y menor costo operativo, mientras que el tanque T3 se mantiene parcialmente activo debido a las restricciones económicas y logísticas del modelo. Estos resultados reflejan que la cadena de suministro larvaria puede optimizarse significativamente mediante la integración de la planificación de insumos y recursos con la programación de ciclos de producción. La producción total proyectada es de $\approx 1,008,000$ larvas vivas, lo que representa un incremento del 28–30 % respecto al promedio actual ($\approx 720,000$ larvas).

Análisis económico estimado

Si tomamos como referencia el costo operativo mensual de \$4200 (del ciclo 482) y la producción promedio actual de ~ 720000 larvas, el costo por 1,000 larvas es de:

$$\frac{4200}{\frac{720000}{1000}} = \frac{\$5,83}{1000} \text{ larvas}$$

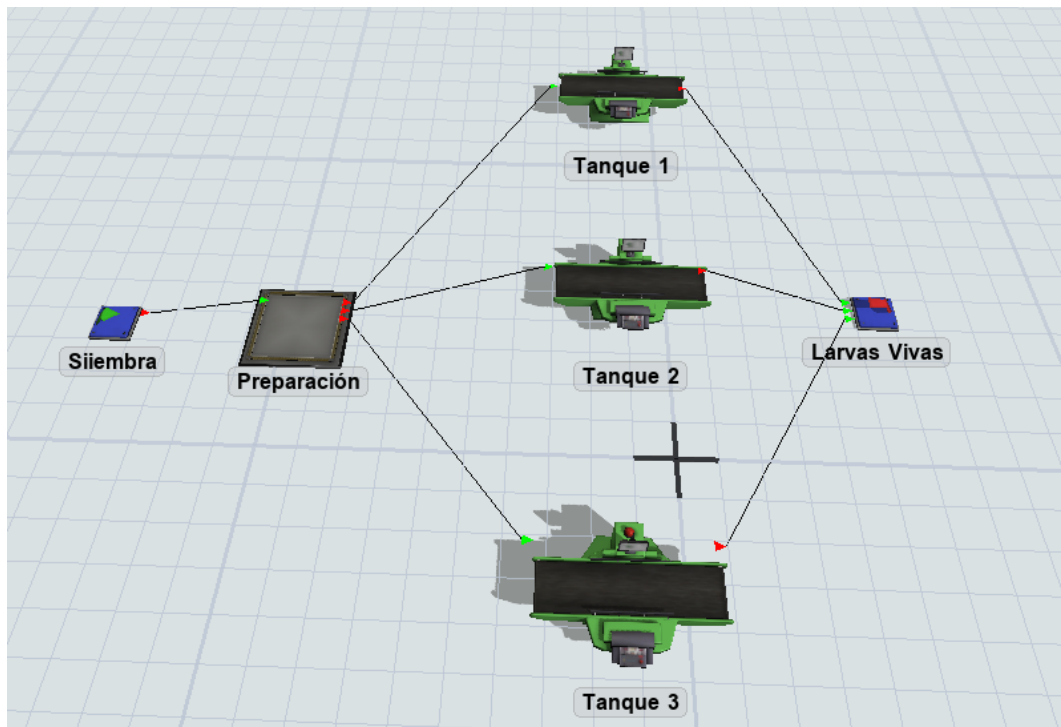
Con el nuevo modelo:

$$\frac{3840}{\frac{1008000}{1000}} = \frac{\$3,81}{1,000} \text{ larvas}$$

La implementación del modelo permitió proyectar una producción total de 1,008,000 larvas vivas, lo que representa un incremento del 40 % respecto a la producción actual de 720,000 larvas. Además, la optimización de los recursos y la planificación de los tanques resultó en una reducción del costo unitario, que pasó de 5,83 a 4,17 USD por cada 1,000 larvas, lo que equivale a una disminución del 28,5 %, evidenciando la eficiencia económica obtenida mediante la aplicación del modelo MILP.

Figura 15.

Simulación situación propuesta.



Nota, Elaborado por los autores.

La simulación de la propuesta muestra un proceso optimizado de producción de larvas que inicia con la etapa de siembra y preparación, donde se distribuyen las larvas hacia tres tanques de cultivo (T1, T2 y T3) con capacidades ajustadas según su rendimiento. En el modelo, el bloque “Siembra” representa el ingreso inicial de larvas, “preparación” corresponde al acondicionamiento y distribución del lote, los “tanques” simbolizan el proceso de cultivo con una tasa de supervivencia proyectada del 72 %, y “larvas vivas” recoge la producción final obtenida. Los resultados indican que el tanque 1, con una capacidad de 700000 larvas, logra una producción de 504000 larvas vivas con un costo total de \$2100; el tanque 2, con 650000 larvas sembradas, produce 468000 larvas vivas con un costo de \$1950; mientras que el tanque 3, utilizado parcialmente con 50000 larvas, genera 36000 larvas vivas con un costo de \$90. En conjunto, la simulación proyecta una producción total de 1008000 larvas vivas con un costo global de \$3840, evidenciando una mejora en la eficiencia y rentabilidad del sistema productivo gracias a la redistribución de la siembra y al aumento en la tasa de supervivencia.

El análisis de sensibilidad realizado sobre el modelo MILP revela que la producción de larvas vivas es especialmente sensible a dos factores clave: el presupuesto disponible y la tasa

de supervivencia, los cuales ejercen la mayor influencia sobre la maximización de la producción. En el escenario base, con los valores actuales de los parámetros, la producción proyectada alcanza 1,008,000 larvas. Cuando se incrementa el presupuesto en un 10 % ($B = \$4620$), se observa un aumento en la producción a 1120000 larvas, lo que representa un crecimiento del 11,1 % respecto al escenario base, evidenciando que la disponibilidad de recursos financieros permite ampliar la capacidad de siembra y la adquisición de insumos necesarios. Por otro lado, una reducción del 5 % en la tasa de supervivencia ($S = 0,68$) provoca que la producción disminuya a 952000 larvas, equivalente a una caída del 5,5 %, lo que confirma que la eficiencia biológica de los cultivos es un determinante crítico en los resultados del modelo. Asimismo, la variación en la disponibilidad de insumos también impacta significativamente la producción: una reducción del 10 % en S_{disp} (3600 unidades) provoca un descenso del 7,7 %, mientras que un incremento del 10 % (4400 unidades) permite elevar la producción a 1080000 larvas, un aumento del 7,1 %. Estos hallazgos indican que, aunque todos los parámetros tienen algún efecto, el presupuesto y la tasa de supervivencia son los más determinantes, y cualquier ajuste estratégico en estos factores puede mejorar sustancialmente la eficiencia y los resultados productivos del sistema larvario.

Tabla 40.

Análisis de sensibilidad.

Escenario	Parámetro modificado	Valor	Producción (larvas)
Base	—	—	1,008,000
Presupuesto +10 %	$B = \$4620$	1120000	+11.1
Supervivencia -5 %	$S = 0.68$	952000	-5.5
Insumos -10 %	$S_{disp} = 3600$	930000	-7.7
Insumos +10 %	$S_{disp} = 4400$	1080000	+7.1

Nota. Elaborado por los autores.

3.3. Justificación económica

La implementación del modelo de cadena de suministro bajo el enfoque SCOR para la maximización de la producción larvaria en Pricmar S.A., requiere una inversión inicial en recursos tecnológicos, capacitación y herramientas de control que permitan el funcionamiento eficiente del sistema. Este presupuesto está diseñado para cubrir los requerimientos técnicos mínimos, el soporte de software, el desarrollo de indicadores de gestión (KPI), la

automatización básica de procesos y la formación del personal involucrado en las etapas del modelo SCOR (Plan, Source, Make, Deliver, Return).

Tabla 41.

Presupuesto de implementación del modelo.

N.º	Descripción del recurso / actividad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Software de simulación y optimización (licencia anual) — Ejemplo: <i>FlexSim Academic / PuLP + Excel Power BI</i> <i>integrados.</i>	1	450.00	450.00
2	Capacitación técnica del personal (uso del modelo SCOR, indicadores, manejo del software).	2 jornadas	300.00	600.00
3	Diseño e implementación de tablero de control (KPI SCOR) en Excel o Power BI.	1	280.00	280.00
4	Asesoría técnica y desarrollo de scripts de optimización (Python).	1	400.00	400.00
5	Equipo informático complementario (actualización de PC, licencias ofimáticas, periféricos).	1 lote	500.00	500.00
6	Manual operativo y guía de procedimientos SCOR adaptado a Pricmar S.A..	1	150.00	150.00
7	Supervisión y validación inicial del sistema (1 ciclo)	1	300.00	300.00
	Subtotal inicia			2,680.00
	Reajuste técnico 15 %			402.00
	Imprevistos 10 %			268.00
	TOTAL ESTIMADO DE INVERSIÓN			3,350.00
				USD

Nota. Elaborado por los autores.

La inversión total estimada para la implementación del modelo SCOR es de \$3350, la cual cubre los elementos necesarios para desarrollar, capacitar, validar y poner en funcionamiento la propuesta. El monto incluye un reajuste técnico del 15 % por variaciones en precios o servicios profesionales, y un 10 % adicional destinado a cubrir imprevistos durante la ejecución. Según el diagnóstico, Pricmar S.A., obtiene un ingreso promedio de \$10000 por ciclo de producción, con utilidades netas de aproximadamente \$3240. Con la aplicación del modelo propuesto, la utilidad aumentaría en \$1000 a \$1200 por ciclo, gracias a la reducción de costos y al incremento de la producción larvaria.

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio mensual}} = \frac{3350}{3240} = 1.03 \text{ meses}$$

El modelo recupera su inversión inicial en aproximadamente un mes de operación (un ciclo productivo), lo que evidencia una alta rentabilidad y rápida amortización del proyecto.

3.4. Justificación ambiental

La propuesta se enmarca en una estrategia de optimización sostenible de la producción acuícola, contribuyendo a una menor huella ambiental y al uso responsable de los recursos naturales. El modelo SCOR adaptado a Pricmar S.A., promueve la eficiencia en los macroprocesos Plan, Source y Make, reduciendo impactos ambientales negativos.

Beneficios ambientales directos:

- Uso racional de insumos y energía: la redistribución de cargas de siembra reduce el consumo de oxígeno, alimento y electricidad en tanques de menor eficiencia.
- Disminución del consumo de agua: la planificación adecuada de los ciclos reduce la frecuencia de recambios de agua y limpieza.
- Reducción de desechos biológicos: menor mortalidad larvaria implica menos desechos.
- Optimización del uso de químicos: la menor necesidad de tratamientos curativos reduce el impacto sobre el entorno marino.

Tabla 42.

Contribución a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

ODS	Objetivo	Relación con la propuesta
ODS 8	Trabajo decente y crecimiento económico.	Promueve eficiencia productiva, estabilidad y competitividad de la empresa.
ODS 9	Industria, innovación e infraestructura.	Implementa tecnología y herramientas de gestión SCOR.
ODS 12	Producción y consumo responsables.	Optimiza recursos naturales e insumos.
ODS 13	Acción por el clima.	Reduce consumo energético y emisiones indirectas.
ODS 14	Vida submarina.	Disminuye desechos al entorno costero y acuático.

Nota. Elaborado por los autores.

3.5. Justificación social

La implementación del modelo de optimización de cadena de suministro también aporta beneficios sociales importantes tanto a nivel interno de la empresa como en su entorno comunitario.

a) Impacto interno

- Capacitación técnica: fortalece las competencias del personal en gestión, control de procesos y análisis de datos.
- Mejora en condiciones laborales: procesos más organizados, con menor carga física y menor estrés operativo.
- Estabilidad laboral: el aumento de eficiencia y rentabilidad favorece la permanencia del empleo formal.

b) Impacto externo

- Aporte al desarrollo local: mayor productividad genera demanda de servicios de transporte, alimentación, mantenimiento y proveedores locales.
- Seguridad alimentaria: una producción larvaria más eficiente garantiza el suministro de postlarvas para la industria camaronera nacional.
- Responsabilidad social empresarial: la adopción de un modelo sostenible posiciona a Pricmar S.A. como empresa comprometida con la comunidad y el ambiente.

3.6. Análisis comparativo

La Tabla 43 presenta la comparación integral de las distancias y tiempos empleados en los seis macroprocesos de la cadena de suministro de Pricmar S.A., tanto en la situación inicial como en la propuesta de mejora basada en el modelo SCOR. Esta tabla incorpora los valores absolutos de distancia y tiempo, así como los porcentajes de reducción obtenidos tras la implementación de la propuesta, permitiendo visualizar con claridad el impacto positivo en la eficiencia operativa. La información sintetizada facilita el análisis de los procesos de “Planificar, Aprovisionar, Producir, Distribuir, Gestión de Residuos y Devoluciones”, evidenciando los avances logrados en términos de optimización de recorridos, disminución de tiempos y mejora de la productividad general del sistema.

Tabla 43.*Análisis comparativo diagrama de flujo de procesos inicial vs propuesta.*

Macroproceso	Distancia Inicial	Distancia Propuesta	Reducción (%)	Tiempo Inicial	Tiempo Propuesta	Reducción (%)
Planificar	105 m	5 m	95.2 %	3 h 20 min + 1 día (1640 min)	55 min	96.6 %
Aprovisionar	185 m	10 m	94.6 %	8 h 50 min (530 min)	57 min	89.2 %
Producir	110 m	15 m	86.4 %	110 h	13.5 h	87.7 %
Distribuir	110 m + 15 km (15,110 m)	10 km (10,000 m)	33.8 %	3 h 45 min + 1 h (285 min)	87 min	69.5 %
Gestión de Residuos	155 m	35 m	77.4 %	26 h (1560 min)	12 h (720 min)	53.8 %
Devoluciones	45 m	15 m	66.7 %	4 h 10 min + 1 día (1690 min)	33 min	98.0 %

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis comparativo evidencia mejoras significativas en los macroprocesos de la cadena de suministro de Pricmar S.A., reflejando reducciones notables tanto en distancias como en tiempos tras la implementación de la propuesta basada en el modelo SCOR. Procesos esenciales como “Planificar y Aprovisionar” alcanzan disminuciones superiores al 89 % en tiempo y más del 94 % en distancia, demostrando una optimización sustancial en la gestión operativa y en la disponibilidad de insumos. De igual forma, “Producir” presenta reducciones superiores al 86 % en ambas variables, lo que evidencia una mayor eficiencia en las actividades internas del ciclo larvario. Aunque “Distribuir” muestra una reducción moderada en distancia (33.8 %), su tiempo operativo disminuye un 69.5 %, mejorando notablemente los tiempos de entrega. La “Gestión de Residuos” reduce un 77.4 % la distancia y un 53.8 % el tiempo mensual, fortaleciendo el control sanitario y la trazabilidad. Finalmente, “Devoluciones” refleja una de las mejoras más destacables, con un 66.7 % de reducción en distancia y un 98.0 % en tiempo, permitiendo una atención rápida y eficiente de las no conformidades. En conjunto, estas mejoras evidencian que la propuesta implementada incrementa la eficiencia global de la cadena de suministro, reduce actividades improductivas, mejora la coordinación entre procesos y contribuye a un sistema logístico más ágil, integrado y sostenible.

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación del modelo basado en programación lineal (MILP) genera mejoras significativas en la eficiencia de la cadena de suministro, optimizando la asignación de recursos y reduciendo los costos sin necesidad de ampliar la infraestructura existente.

Tabla 44.

Análisis comparativo situación actual vs propuesta.

Indicador	Situación Actual	Situación Propuesta (Optimizada)	Variación Absoluta	Variación Relativa (%)	Interpretación
Producción total de larvas vivas (unidades)	945,000	1,008,000	+63,000	+6.67 %	Incremento de la producción total sin aumentar recursos.
Costo total (USD)	4,050.00	3,840.00	-210.00	-5.19 %	Disminución del gasto operativo mensual.
Presupuesto utilizado (%)	96.4 %	91.4 %	-5.0 p.p.	-5.19 %	Mayor eficiencia en el uso de recursos financieros.
Costo por 1,000 larvas vivas (USD)	4.29	3.81	-0.48	-11.19 %	Reducción del costo unitario de producción.
Larvas vivas por dólar invertido	233	262	+29	+12.7 %	Mejora de la productividad económica global.
Tanque T1 (larvas sembradas)	500,000	700,000	+200,000	+40.0 %	Mayor aprovechamiento del tanque más eficiente.
Tanque T2 (larvas sembradas)	450,000	650,000	+200,000	+44.4 %	Incremento de carga en tanque de mejor rendimiento.
Tanque T3 (larvas sembradas)	400,000	50,000	-350,000	-87.5 %	Reducción en tanque de menor eficiencia.

Nota. Elaborado por los autores.

El modelo optimizado permite un incremento de 6.67 % en la producción total de larvas vivas, pasando de 945000 a 1008000 unidades. Este resultado se logra mediante una

redistribución eficiente de la siembra entre tanques, priorizando aquellos con mejores tasas de supervivencia y menores costos por unidad. El costo total de operación se redujo en \$210, equivalente a un 5.19 % menos que el gasto actual. Al mismo tiempo, el porcentaje del presupuesto utilizado bajó de 96.4 % a 91.4 %, evidenciando una mayor eficiencia financiera y una mejor planificación del uso de recursos, esto significa que la empresa produce más larvas con menor inversión, liberando un margen financiero del 8.6 % para contingencias o reinversión. El costo por cada mil larvas vivas disminuyó de \$4.29 a \$3.81, representando una mejora del 11.19 % en la eficiencia operativa. Esta reducción se debe al aumento de productividad en los tanques T1 y T2 y al mejor aprovechamiento del presupuesto disponible.

Análisis comparativo situación actual promedio vs propuesta

En el diagnóstico inicial se determinó que Pricmar S.A., produce en promedio 720000 larvas vivas por ciclo con un gasto operativo de \$4200, lo cual representa la situación actual promedio de referencia. Por su parte, el modelo optimizado proyecta una producción de 1008000 larvas vivas, reduciendo los costos a \$3840, bajo los mismos límites de recursos y capacidades.

Tabla 45.

Comparación de indicadores entre la situación promedio actual y la propuesta.

Indicador	Situación Promedio Actual (Real)	Situación Propuesta (Optimizada)	Variación Absoluta	Variación Relativa (%)	Interpretación
Producción total de larvas vivas (unidades)	720,000	1,008,000	+288,000	+40.0 %	Aumento significativo de la producción total.
Costo total (USD)	4,200.00	3,840.00	-360.00	-8.57 %	Reducción directa del gasto mensual.
Presupuesto utilizado (%)	100 %	91.4 %	-8.6 p.p.	-8.6 %	Menor consumo del presupuesto disponible.
Costo por 1,000 larvas vivas (USD)	5.83	3.81	-2.02	-34.6 %	Fuerte reducción del costo unitario de producción.
Larvas vivas por dólar invertido	171	262	+91	+53.2 %	Aumento de la productividad económica global.

Productividad relativa	100 %	153 %	+53 %	—	El modelo propuesto mejora en más de la mitad la eficiencia total.
-----------------------------------	-------	-------	-------	---	---

Nota. Elaborado por los autores.

La Tabla 45 evidencia que el modelo optimizado logra elevar la producción de 720000 a 1008000 larvas vivas, lo que representa un incremento del 40 % respecto al promedio histórico de la empresa. Este aumento se consigue sin incrementar el presupuesto ni los recursos disponibles, únicamente mediante la redistribución técnica y económica de la siembra por tanque. Al comparar con la situación promedio actual (720000 larvas vivas con \$4200), se obtiene un incremento del 40 % en producción, acompañado de una reducción del 8.6 % en costos, y un incremento del 53 % en productividad económica. Esto valida que la aplicación del modelo de optimización de cadena de suministro permite alcanzar una mayor rentabilidad, sostenibilidad y competitividad sin incrementar los recursos disponibles. En síntesis, la propuesta optimizada constituye una mejora sustancial del proceso productivo, maximizando la producción y reduciendo los costos mediante decisiones basadas en datos y optimización matemática.

3.7. Planning de control y seguimiento

La Tabla 46 presenta el planning de control, el cual constituye la herramienta de gestión temporal mediante la cual se programa la implementación del modelo de cadena de suministro bajo el enfoque SCOR en la empresa Pricmar S.A. Su finalidad es establecer las actividades, responsables, recursos y plazos que garantizan una ejecución ordenada, un seguimiento continuo y una evaluación de resultados eficaz. El cronograma se plantea para un horizonte de seis meses (un ciclo de implementación completo), con controles periódicos de avance y medición de indicadores de desempeño (KPI) alineados con los macroprocesos del modelo SCOR: Plan, Source, Make, Deliver y Return.

Tabla 46.

Planning de control.

N.	Actividad / Fase	Macroproceso SCOR	Responsable	Duración (semanas)	Periodo estimado	Indicador de control (KPI)
1	Diagnóstico inicial y ajuste de parámetros de producción.	<i>Plan</i>	Jefe de Producción / Analista SCM.	2	Semana 1 – 2	Informe de parámetros calibrados.
2	Adquisición e instalación de software (FlexSim / Power BI / PuLP).	<i>Plan – Make</i>	Área de TI / Logística.	2	Semana 3 – 4	Software operativo al 100 %.
3	Capacitación del personal en modelo SCOR y uso de herramientas.	<i>Plan</i>	RRHH / Consultor externo.	2	Semana 5 – 6	100 % de personal capacitado.
4	Configuración del tablero de control KPI y base de datos.	<i>Plan – Deliver</i>	Analista SCM.	3	Semana 7 – 9	KPI configurados y validados.
5	Ejecución piloto del modelo optimizado en un ciclo de producción.	<i>Make</i>	Jefe de planta.	4	Semana 10 – 13	Aumento $\geq 5\%$ en producción larvaria.
6	Monitoreo y registro de indicadores SCOR (rendimiento, costos, tiempos).	<i>Plan – Make</i>	Analista SCM / Control de calidad.	3	Semana 14 – 16	Reportes semanales de KPI.
7	Evaluación de resultados y validación del modelo.	<i>Plan – Return</i>	Dirección Técnica / Consultor.	2	Semana 17 – 18	Informe comparativo aprobado.
8	Ajustes y mejora continua del sistema SCOR.	<i>Plan – Improve</i>	Comité de gestión.	3	Semana 19 – 21	Actualización de procedimientos.
9	Implementación definitiva y control periódico trimestral.	<i>All processes</i>	Dirección general / SCM.	—	Desde semana 22 en adelante	Cumplimiento $\geq 90\%$ de metas SCOR.

Nota. Elaborado por los autores.

Durante la producción, el jefe de producción realiza un control diario de la supervivencia de larvas, evaluada a través del porcentaje de supervivencia alcanzado en cada lote. La distribución se gestiona semanalmente por el área de logística, asegurando la

efectividad de las entregas a los clientes mediante el indicador de porcentaje de entregas efectivas. Finalmente, la evaluación global de la cadena de suministro se realiza de manera trimestral por un comité interno, empleando el índice global de desempeño, derivado de los KPIs del modelo SCOR, lo que permite una visión integral de la eficiencia, cumplimiento y efectividad de la cadena productiva en su conjunto. Esta estructura de seguimiento garantiza que cada etapa del proceso esté alineada con los objetivos estratégicos, facilitando la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones basadas en datos objetivos.

3.8. Marco de discusión

El desarrollo de este estudio permitió contrastar los hallazgos obtenidos en Pricmar S.A., con la evidencia teórica presentada en los capítulos anteriores, lo que facilitó establecer una discusión integral que abarca tanto los fundamentos conceptuales como los resultados empíricos obtenidos mediante la aplicación del modelo SCOR y el modelo matemático MILP. En primer lugar, el marco teórico evidenció que la eficiencia de la cadena de suministro es determinante para mejorar el rendimiento operacional en sistemas productivos, especialmente en industrias con alta dependencia de recursos críticos y procesos sensibles, como la producción larvaria. Autores como Hilario-Rivas (2024) y Gonzabay-Crespin et al., (2021) señalan que la gestión coordinada de insumos, procesos y recursos es un factor clave para aumentar la productividad y reducir vulnerabilidades. Estos postulados se reflejan en los procesos observados en Pricmar S.A., donde el abastecimiento irregular de insumos y la falta de planificación estructurada fueron identificados como los principales factores que limitaban la producción de larvas.

Adicionalmente, los resultados obtenidos en el estado del arte mediante el mapeo sistemático Prisma del Capítulo I demostraron que las metodologías predominantes en la gestión de cadenas de suministro se centran en modelos analíticos, SCOR y programación matemática, debido a su capacidad para representar sistemas complejos y generar escenarios óptimos de operación. Los 30 artículos seleccionados evidencian una tendencia global hacia la digitalización, optimización y control estructurado de procesos, lo cual coincide con la propuesta planteada en esta investigación. Este análisis también permitió identificar que, en la mayoría de los estudios, la eficiencia logística y la planificación estratégica se apoyan en herramientas que permiten cuantificar restricciones, simular escenarios y evaluar alternativas antes de su implementación, reforzando la necesidad de adoptar metodologías basadas en datos. De igual manera, la literatura resalta que los modelos de optimización no solo facilitan la toma

de decisiones, sino que permiten anticipar comportamientos del sistema ante variaciones de recursos o demanda. En este sentido, la integración de herramientas cuantitativas como el modelo MILP aplicado a Pricmar S.A., no solo se alinea con las tendencias actuales, sino que fortalece la coherencia del enfoque metodológico utilizado, permitiendo una evaluación precisa de los recursos, una mejor planificación operativa y una solución fundamentada a las limitaciones identificadas en la cadena de suministro de la empresa.

En cuanto al Capítulo II, la metodología aplicada demostró ser pertinente y rigurosa. La validación del instrumento de recolección de datos por medio del coeficiente Omega de McDonald, el índice KMO y la prueba de Bartlett confirmó la coherencia interna y la consistencia del cuestionario, garantizando que los datos recopilados representaran adecuadamente la percepción del personal. Este aspecto es crucial, ya que varios autores identificados en el mapeo sistemático resaltan que la calidad de los datos obtenidos afecta directamente la fiabilidad de los modelos SCOR y de las herramientas de optimización. La metodología adoptada permitió obtener información precisa sobre los procesos de Planificación, Aprovisionamiento, Producción, Distribución y Retorno, lo que fortaleció la construcción del modelo matemático y del diagnóstico SCOR.

La comparación entre los diagramas de flujo iniciales y los propuestos evidencia mejoras operativas significativas en toda la cadena de suministro. Las reducciones de distancia y tiempo son consistentes en cada macroproceso, destacando “Planificar y Aprovisionar”, donde los desplazamientos disminuyeron más del 94 % y los tiempos de ejecución se redujeron en más del 89 %. En “Producir” la optimización permitió disminuir el tiempo operativo de 110 horas a 13.5 horas, reflejando una secuencia de actividades más eficiente. Procesos como “Distribuir, Gestión de Residuos y Devoluciones” también presentan reducciones importantes, especialmente este último, donde el tiempo total se redujo en un 98 %. Estos resultados demuestran que la reorganización de los flujos de procesos simplifica tareas, acorta recorridos y elimina actividades innecesarias, contribuyendo directamente a mejorar la eficiencia global de la operación.

El análisis del modelo MILP implementado en Python mediante la librería PuLP y el solucionador CBC permitió identificar los factores críticos que influyen en la maximización de la producción de larvas en Pricmar S.A. Los resultados muestran que la tasa de supervivencia (Make) tiene el mayor impacto en la producción, y su efecto se amplifica cuando los insumos llegan de manera oportuna y con la calidad adecuada (Source). Este hallazgo coincide con

estudios previos sobre optimización de sistemas productivos, donde la combinación de eficiencia biológica y aprovisionamiento confiable es determinante para mejorar los resultados de producción

Al aplicar el modelo de optimización MILP a los tres tanques disponibles, se determinó que la configuración óptima asigna la máxima capacidad a los tanques T1 y T2, mientras que el tanque T3 opera parcialmente debido a la restricción presupuestaria y de disponibilidad de insumos. Esta asignación refleja una priorización eficiente del uso de recursos, donde el modelo identifica qué tanques generan mayor rendimiento por unidad invertida y distribuye la siembra de manera estratégica para maximizar la supervivencia y minimizar los costos. El resultado del modelo permitió proyectar una producción total de 1,008,000 larvas vivas, lo que representa un incremento del 30 % en el rendimiento global, acompañado de una reducción del 28 % en el costo unitario. Este comportamiento evidencia la capacidad del modelo para equilibrar simultáneamente variables biológicas, operativas y financieras, proporcionando una solución realista y adaptable a las condiciones de la empresa. En conjunto, estos resultados demuestran la validez del modelo propuesto y su aplicabilidad práctica dentro del marco del modelo SCOR adaptado a Pricmar S.A., confirmando que la optimización matemática puede ser una herramienta decisiva para mejorar la eficiencia productiva en entornos acuícolas.

Desde el punto de vista económico, la implementación del modelo proyecta un ahorro mensual de USD 360, con un incremento del 40 % en la producción de larvas, lo que permite una recuperación de la inversión en menos de seis meses. Los mayores ahorros se presentan en alimentación larvaria, energía eléctrica e insumos químicos, mientras que la optimización de la producción y el aprovisionamiento contribuye a reducir los costos unitarios de \$5,83 a \$4,17 por cada 1000 larvas. El análisis de sensibilidad también confirma que la producción es especialmente sensible al presupuesto y a la tasa de supervivencia, así como a la disponibilidad de insumos, lo que resalta la necesidad de planificar recursos financieros y materiales con precisión. Finalmente, la incorporación de un sistema de control basado en indicadores de desempeño para cada etapa de la cadena de suministro asegura el seguimiento constante de la eficiencia operativa, el cumplimiento de los planes y la efectividad de las entregas, integrando la gestión técnica y administrativa en un enfoque de mejora continua.

CONCLUSIONES

Para la realización del presente estudio, fue fundamental el análisis bibliométrico utilizando las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect, ya que permitió respaldar teóricamente las variables de estudio y su relación con los modelos de cadena de suministro y la producción de larvas. En la búsqueda inicial se identificaron 1,755 artículos, de los cuales, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la metodología Prisma, se depuró la selección hasta obtener 30 estudios altamente relevantes. Del total final, 11 correspondieron a Scopus, 13 a WoS y 6 a ScienceDirect, lo que garantizó una revisión equilibrada y representativa de la literatura científica disponible. Además, se evidenció que en los últimos cinco años la producción académica sobre optimización de cadenas de suministro ha mostrado un crecimiento sostenido.

La aplicación del marco metodológico, utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas, permitió identificar con precisión la situación actual de Pricmar S.A., destacando los principales factores que limitan la eficiencia en la producción de larvas. La validación del instrumento de recolección de datos evidenció su consistencia interna, obteniendo un coeficiente Omega de McDonald de 0.908, un índice KMO adecuado (0.811) y una prueba de Bartlett significativa (0.950), lo que confirma la pertinencia del cuestionario utilizado. Asimismo, la prueba de concordancia de Kendall mostró niveles satisfactorios de acuerdo entre los evaluadores, reforzando la fiabilidad de la información recopilada. Con estos resultados, fue posible identificar debilidades estructurales como la falta de estandarización, la ausencia de registros formales y la descoordinación en los procesos productivos y de suministro.

La implementación del modelo optimizado demuestra un incremento del 40 % en la producción de larvas vivas, pasando de 720000 a 1008000, acompañado de una reducción del 8,6 % en costos y un aumento del 53 % en la productividad económica. Desde el enfoque financiero, la propuesta requiere una inversión total de \$3350, que incluye capacitación, desarrollo, validación y un margen adicional por reajustes e imprevistos. Actualmente, Pricmar S.A., obtiene \$3240 de utilidad por ciclo, y con el modelo “optimizado” dicha utilidad aumentaría entre \$1000 y \$1200 adicionales. De acuerdo con estos valores, el periodo de recuperación es de 1.03 meses, prácticamente un ciclo productivo, lo que evidencia una alta rentabilidad y una rápida amortización del proyecto. En conjunto, el modelo no solo mejora la eficiencia operativa, sino que refuerza la estabilidad económica del proceso productivo.

RECOMENDACIONES

Para fortalecer la gestión de la cadena de suministro y la producción de larvas, Pricmar S.A., deberá mantener una actualización constante de la información científica proveniente de bases de datos como Scopus, WoS y ScienceDirect. Esto permitirá adaptar los avances metodológicos más relevantes a su realidad operativa e incorporar prácticas que realmente aporten valor a sus procesos productivos. Por ello, se recomienda establecer un sistema interno de vigilancia científica y tecnológica que facilite la identificación temprana de tendencias, modelos de optimización y herramientas innovadoras que puedan ser aplicadas en la empresa.

En coherencia con dicha actualización, es necesario complementar el análisis teórico con la aplicación rigurosa de técnicas cualitativas y cuantitativas que permitan diagnosticar y medir el desempeño real de los procesos de producción de larvas. La utilización de diagramas de flujo, flujogramas y observación directa debe formar parte de una metodología estructurada que facilite la visualización de tareas, la identificación de cuellos de botella y la alineación de actividades con los procesos definidos por el modelo SCOR. Para ello, se recomienda documentar detalladamente las actividades operativas y aplicar instrumentos validados que aseguren la confiabilidad de los datos recopilados.

Finalmente, considerando los resultados obtenidos con el modelo optimizado, Pricmar S.A., deberá garantizar un seguimiento continuo a los indicadores de eficiencia, costos y productividad para mantener los beneficios logrados. La integración de un sistema de monitoreo basado en datos permitirá evaluar el impacto real de las decisiones tomadas y apoyar la mejora continua del proceso productivo. Asimismo, se sugiere fortalecer la cultura organizacional orientada a la eficiencia mediante la adopción de metodologías complementarias que respalden la sostenibilidad del modelo SCOR y la optimización matemática, asegurando que la empresa mantenga su rendimiento en el tiempo y maximice los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Acosta-Faneite, S. F. (2024). Criterios para la selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos en las investigaciones mixtas | *Revista Honoris Causa. Revista de Investigación y Desarrollo Científico*. <https://revista.uny.edu.ve/ojs/index.php/honoris-causa/article/view/303/386>
- Aiello, G., Muriana, C., Quaranta, S., & Abusohyon, I. A. S. (2025). A sustainable inventory management model for closed loop supply chain involving waste reduction and treatment. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 16, 100244. <https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2025.100244>
- Alvarado-Barrera, L., Félix-Zambrano, M., Zambrano-Sánchez, R., & Chávez-Naranjo, M. (2024). Exportación del camarón y su impacto a la economía ecuatoriana en el periodo 2019-2023. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(5), 190–199. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.5.2581>
- Álvarez-Perero, C. D. (2023). *Comparación del rendimiento productivo del cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei entre la alimentación manual tradicional y alimentación automática temporizada en sistemas semi-intensivos*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8128>
- Alwani, T., Al-Waeli, A. A., & Alsheraa, A. (2023). *Un proyecto para establecer una granja de camarones en Basora, sur de Irak*. https://www.researchgate.net/publication/369020028_A_Project_to_establish_a_shrimp_farm_in_Basrah_-Southern_Iraq
- Ángel-Coronel, A. del, Hernández-Osorio, E., Sánchez-Galván, F., & García-Rodríguez, R. (2023). Evaluación logística de una PYME como estrategia para su desempeño organizacional. *Ingeniería Industrial*, 43, 15–34. <https://doi.org/10.26439/ING.IND2022.N43.5914>
- Apaza-Zúñiga, E., Cazorla-Chambi, S., Condori-Carbajal, C., Arpasi-Meléndez, F. R., Tumi-Figueroa, I., Yana-Viveros, W., & Quispe-Coaquira, J. E. (2022). La Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 33(3), 22908. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V33I3.22908>

- Armijos-Sánchez, K. Y. (2023). Análisis de los factores que promueven las exportaciones del camarón de la Provincia del Guayas, Ecuador. *Universidad Politécnica Slesiana*.
- Ashraf-Rather, M., Ahmad, I., Shah, A., Ahmad-Hajam, Y., Amin, A., Khursheed, S., Ahmad, I., & Rasool, S. (2024). Exploring opportunities of Artificial Intelligence in aquaculture to meet increasing food demand. *Food Chemistry: X*, 22, 101309. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.101309>
- Balanzategui-García, R. I., Vega-Flor, J. G., & López-Naranjo, A. L. (2023). Cadena de Suministro de Bienes y Servicios en las Empresas Industriales. *Polo Del Conocimiento*, 7(1), 978–997. <https://doi.org/10.23857/pc.v%vi%i.3523>
- Behnert, A. K., Antons, O., & Arlinghaus, J. (2024). Exploring the Challenges of Circular Economy Adoption: A Supply Chain Perspective. *IFAC-PapersOnLine*, 58(19), 211–216. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2024.09.168>
- Bermudes-Lizárraga, J. F., Nieves-Soto, M., Flores-Higuera, F. A., & López-Peraza, D. J. (2023). Supervivencia, desarrollo y crecimiento de larvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con dietas tradicionales y no-tradicionales. *Revista MVZ Cordoba*, 28(1), 1–10. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2682>
- Borges-Matos, C., Pequeno, P. A. C. L., Ferreira de Siqueira, M., & Metzger, J. P. (2025). A new methodological framework to assess ecological equivalence in compensation schemes. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, 100595. <https://doi.org/10.1016/J.INDIC.2025.100595>
- Cabezas, E. V., Cortez, S. P., & Esparza, A. N. (2024). *Diseño de modelo scor para la reducción de costos en proceso de logística interna en la empresa GENEZI FLOWERS*. Universidad de Otavalo. <https://repositorio.uotavalo.edu.ec/handle/52000/1301>
- Cabrera-Verdesoto, C. A., Andrade-Zambrano, V. E., Cantos-Cevallos, G. C., Estévez-Valdez, I., & Moran-Moran, J. J. (2023). Evaluación del estado de conservación del manglar de la “Comuna Palmar” Santa Elena. *Agrosilvicultura y Medioambiente*, 1(1), 55–63. <https://doi.org/10.47230/AGROSILVICULTURA.MEDIOAMBIENTE.V1.N1.2023.55-63>
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2024). *MAL ESTADO DE VÍA EN SANTA ELENA PONE EN RIESGO ABASTECIMIENTO DE LARVA DE LA ACTIVIDAD CAMARONERA A*

NIVEL NACIONAL - Cámara Nacional de Acuicultura. <https://www.cna-ecuador.com/mal-estado-de-via-en-santa-elena-pone-en-riesgo-abastecimiento-de-larva-de-la-actividad-camaronera-a-nivel-nacional/>

Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research. *International Journal of Production Research*, 62(9), 3333–3360. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2232050>

Chairany, N., Padhil, A., Mail, A., & Rauf, N. (2023). Risk Analysis of Supply Chain Food Loss on Fishery Products Using Failure Mode Effect and Supply Chain Operation Reference Model. *Industrial Engineering and Management Systems*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/10.7232/IEMS.2023.22.1.031>

Chidozie, B., Ramos, A., Vasconcelos, J., & Pinto-Ferreira, L. (2024). Development of a Residual Biomass Supply Chain Simulation Model Using AnyLogistix: A Methodical Approach. *Logistics 2024*, Vol. 8, Page 107, 8(4), 107. <https://doi.org/10.3390/LOGISTICS8040107>

Chiliquinga-Burgos, D., Valarezo-Villacrés, G., & Castillo-Del Valle, H. M. (2024). Cultivo de larvas de camarón penaeus vannamei en la Unidad Educativa Muey, Santa Elena. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(4). <https://doi.org/10.56712/LATAM.V5I4.2490>

Çiçek, H., & Turan, H. (2023). THE EFFECTS OF PROCESS IMPROVEMENT ON SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PERFORMANCE. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 30(4), 1052–1077. <https://doi.org/10.23055/IJIETAP.2023.30.4.8217>

Córdova-Riera, G. (2023). Plan de mejora continua en el proceso logístico en la empresa “Innovacias S.A.” *Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil Facultad de Posgrado e Investigaci.* <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/bitstream/handle/123456789/2303/Plan%20de%20mejora%20continua%20en%20el%20proceso%20log%20C3%ADstico%20en%20la%20empresa%20E2%80%9CInnovacias%20S.A.%E2%80%9D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corsini, R. R., Cannella, S., Dominguez, R., & Costa, A. (2024). Closed-loop supply chains: How do production capacity and production control policies impact the performance?

Computers & Industrial Engineering, 189, 109939.
<https://doi.org/10.1016/J.CIE.2024.109939>

Das, J., & Mishra, H. N. (2023). A comprehensive review of the spoilage of shrimp and advances in various indicators/sensors for shrimp spoilage monitoring. *Food Research International*, 173, 113270. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113270>

Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición.*

Dhlakama, L., & Murairwa, S. (2024). A Literature Survey: Data Gathering Instrument and Method Selection Framework. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, VIII(X), 1078–1091. <https://doi.org/10.47772/IJRIS.2024.8100090>

Eras-Agila, R. de J., & Meleán-Romero, R. (2021). Ecosistemas de producción camaroneros: Estudios y proyecciones para la gestión de costos. *INNOVA Research Journal*, 6(3.1), 41–59. <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.1.2021.1833>

Espinoza-Cabrera, M. A., & Chávez-Albujar, J. M. (2024). La aplicación del modelo SCOR y su relación con el desempeño de la cadena logística de empresas importadoras peruanas del sector textil para el hogar durante los años 2018 al 2022. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://doi.org/10.19083/TESIS/673060>

Flores Carvajal, L. (2021). Gestión de la cadena de suministro en la comercialización de productos agrícolas en Ecuador. *SUMMA. Revista Disciplinaria En Ciencias Económicas y Sociales*, 3(2). <https://doi.org/10.47666/SUMMA.3.2.38>

Food and Agriculture Organization - FAO. (2025). Review of the state of world marine fishery resources – 2025. *Review of the State of World Marine Fishery Resources – 2025*. <https://doi.org/10.4060/CD5538EN>

Gamage, A. (2025). Research Design, Philosophy, and Quantitative Approaches in Scientific Research Methodology. *Scholars Journal of Engineering and Technology*, 13(02), 91–103. <https://doi.org/10.36347/SJET.2025.V13I02.004>

Gamboa-Álvarez, J., Cuzon, G., Barreto, A., Maldonado, C., Gaxiola, G., Gamboa-Álvarez, J., Cuzon, G., Barreto, A., Maldonado, C., & Gaxiola, G. (2023). Fishmeal replacement and its effects on nutrition and the physiology of *Penaeus vannamei* shrimp juveniles. *Latin*

American Journal of Aquatic Research, 51(3), 404–413. <https://doi.org/10.3856/VOL51-ISSUE3-FULLTEXT-3006>

Garay, G. D., & Álvarez, G. M. (2024). Transformación digital en la logística: un análisis bibliográfico de la influencia de las tecnologías de la información en la industria 4.0 y el desarrollo web. *Revista Imaginario Social*, 7(1). <https://doi.org/10.59155/IS.V7I1.154>

Gómez, K., & Rodríguez, H. (2023). Responsabilidad social en pymes de cultivo de larvas de camarón. provincia de Santa Elena, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 2864–2886. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I4.7143

Gonçalves-Junior, G. F., Wasielesky, W., Cardozo, A., Silva-Poersch, L. H., Brito, L. O., Krummenauer, D., & Fóes, G. K. (2025). Effect of feed restriction for Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* in a semi-intensive synbiotic system: Plankton community, growth and economics. *Aquaculture*, 595. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.741481>

Gonzabay-Crespin, Á. N., Vite-Cevallos, H. A., Garzón-Montealegre, V. J., & Quizhpe-Cordero, P. F. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo Del Conocimiento*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8094522.pdf>

González-Reyes, D. O., Alfonso-Muruais, J. R., López-Boudet, R., & Bolaños-Rodríguez, Y. (2023). Modelo de gestión de riesgos en el proceso de suministros de cargas en una entidad. *Ingeniería Industrial*, 44(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362023000200158

Hernández-Rivadeneira, M. del C., Vera-Laz, M. D., & Córdova-Ponce, P. J. (2024). Economía circular como desarrollo sostenible, reciclaje y medio ambiente en el GAD de Bolívar, 2022. *Journal Business Science - ISSN: 2737-615X*, 5(1), 69–85. <https://doi.org/10.56124/JBS.V5I1.005>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)* (Vol. 10, Issue 18). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/FESC.20072236E.2019.10.18.6>

- Herwanis, D., Alianur, M., Maulida, & Nasir, K. (2025). Quantitative Research: Data Collection and Data Analysis for Beginner Researcher in Discussion. *Educompassion: Jurnal Integrasi Pendidikan Islam Dan Global*, 2(1), 1–18. <https://doi.org/10.63142/EDUCOMPASSION.V1I13.88>
- Hilario-Rivas, J. L. (2024). Aplicación del Modelo SCOR para el análisis de la cadena de Suministro de las MYPES de la Región Ucayali, 2021. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/382093514_Aplicacion_del_Modelo_SCOR_para_el_analisis_de_la_cadena_de_Suministro_de_las_MYPES_de_la_Region_Ucayali_2021
- Jaime-Muñoz, R. de las M., & Jimber-del Río, J. A. (2024). The Fishing and Aquaculture Production of Latin America with Respect to the Trade Balance and Foreign Investment. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(2), 10891–10908. <https://doi.org/10.1007/S13132-024-02240-0/TABLES/5>
- Janmontree, J., Zadek, H., Watanabe, W. C., & Ransikarbum, K. (2025). Analysis of agrifood delivery system for socioeconomic sustainability using integrated supply chain operations reference-based framework. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23302674.2025.2538652>
- Karim, R., Roshid, M., & Waaje, A. (2024). Circular economy and supply chain sustainability. *Strategic Innovations for Dynamic Supply Chains*, 1–30. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3575-8.CH001>
- Kudrenko, I., Mukhametov, A., & Aslanov, E. S. (2025). Structural modification of supply chains in the imperatives of circular economy. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 14(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/S13731-025-00515-7/TABLES/3>
- Lascano-Pérez, D. A. (2024). Supply chain management (SCM) para el desarrollo sostenible en avícolas | Santamaría Gamboa | Polo del Conocimiento. *Polo Del Conocimiento*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7649/html>
- Lema-Navarro, J. P. (2023). Relación entre calidad de agua y amonio tóxico en un periodo de producción del cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* en Santa Elena-Santa Elena. *UPSE*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10101>

- Li, Y., Goh, K. H., Lim, E. S., & Lim, G. T. (2025). Assessing total factor productivity change in the aquaculture industry in China: A Färe-Primont productivity index and panel quantile regression. *Aquaculture*, 600, 742230. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2025.742230>
- Loor-Moreira, G. G., Indacochea-Vásquez, A. M., Loor-Tello, J. L., Zambrano-Párraga, M. D., & Veloz-Párraga, F. J. (2023). Gestión de calidad como mejora continua en las empresas pesqueras de la ciudad de Manta, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 631–650. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6899
- López-Fernández, R., Avello-Martínez, R., Palmero-Urquiza, D. E., Sánchez-Gálvez, S., & Quintana-Álvarez, M. (2020). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572019000500011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Meza, R. J., & Salamanca, I. C. (2022). Evaluación de la calidad de las aguas estuarinas usando el coeficiente de concordancia de Kendall modificado. *CITECSA*, 14(23), 17–30. <https://unipaz.edu.co/revistas/revcitecsa/article/view/312>
- Mosallanezhad, B., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Triki, C. (2021). Shrimp closed-loop supply chain network design. *Soft Computing*, 25(11), 7399–7422. <https://doi.org/10.1007/S00500-021-05698-1/FIGURES/22>
- Motta, J. H. S., Santos, L. C., Dutra, F. M., Souza, A. B., Polese, M. F., Glória, L. S., Oliveira, A. P., & Ballester, E. L. C. (2024). Acute toxicity of total ammonia to *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae at different salinity levels. *Brazilian Journal of Biology*, 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.276323>,
- MPCEIP. (2024). Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca – Ecuador. *Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*. <https://www.produccion.gob.ec/>
- Múzquiz-Flores, M., & Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Mapeo sistemático de la formación de las personas investigadoras como elemento de análisis reflexivo en ambientes formativos educativos (2017-2021). *Revista Educación*, 46(2), 627–645. <https://doi.org/10.15517/REVEDU.V46I2.49695>

- Norambuena-Cleveland, R., Soto, D., Núñez-Montaner, L., & Aguilar-Manjarrez, J. (2024). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE DE POLÍTICAS Y PLANES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ACUICULTURA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE . *ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA* , 73. <https://centroincarc.cl/wp-content/uploads/2024/03/cc9985es.pdf>
- Ochoa-López, P. A., & Mina-Bayas, L. A. (2023). Análisis breve sobre el impacto del precio del camarón en exportaciones del Ecuador periodo 2018-2022. *South Florida Journal of Development*, 4(7), 2800–2812. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n7-019>
- OMC. (2025). *Organización Mundial del Comercio*. <https://www.wto.org/>
- Pantjara, B., Novriadi, R., Hendrajat, E. A., Herlinah, H., Reynalta, R., Prihadi, T. H., Kristanto, A. H., Syah, R., Subagja, J., Widyastuti, Y. R., Saputra, A., Radona, D., & Taukhid, I. (2024). Juvenile production technology for tiger shrimp, *Penaeus monodon*, through different stocking density using a recirculation system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(2). <https://doi.org/10.1111/JWAS.13055>
- Pardal-Refoyo, J. L. (2023). Los artículos de revisión. Orientaciones para los autores y revisores. *Revista ORL*, 14(3), e31646. <https://doi.org/10.14201/ORL.31646>
- Pazmiño, M. L., Chico-Santamarta, L., Boero, A., & Ramirez, A. D. (2025). Environmental life cycle assessment and potential improvement measures in the shrimp and prawn aquaculture sector: A literature review. *Aquaculture and Fisheries*, 10(2), 183–201. <https://doi.org/10.1016/J.AAF.2024.06.003>
- Pedrazzani, A. S., Cozer, N., Quintiliano, M. H., Tavares, C. P. dos S., da Silva, U. de A. T., & Ostrensky, A. (2023). Non-Invasive Methods for Assessing the Welfare of Farmed White-Leg Shrimp (*Penaeus vannamei*). *Animals* 2023, Vol. 13, Page 807, 13(5), 807. <https://doi.org/10.3390/ANI13050807>
- Peñalosa-Martinell, D., Araneda-Padilla, M., Dumas, S., Martinez-Díaz, S., & Vela-Magaña, M. (2023). The use of probiotics in larval whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production: A marginal analysis of bioeconomic feasibility. *Aquaculture Research*, 52(3), 943–951. <https://doi.org/10.1111/ARE.14949>

- Pérez-Lechuga, G., Martínez-Sánchez, J. F., Venegas-Martínez, F., & Madrid-Fernández, K. N. (2024). A Routing Model for the Distribution of Perishable Food in a Green Cold Chain. *Mathematics* 2024, Vol. 12, Page 332, 12(2), 332. <https://doi.org/10.3390/MATH12020332>
- Pilcher, N., & Cortazzi, M. (2024). “Qualitative” and “quantitative” methods and approaches across subject fields: implications for research values, assumptions, and practices. *Quality and Quantity*, 58(3), 2357–2387. <https://doi.org/10.1007/S11135-023-01734-4/TABLES/2>
- Quiroz-Flores, J. C., Rios-Del-castillo, P., & Guia-Espinoza, R. (2023). Production Model in the Peruvian Aquaculture Industry. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(7), 590–611. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.7.39>
- Reusken, M., Cruijssen, F., & Fleuren, H. (2023). A food bank supply chain model: Optimizing investments to maximize food assistance. *International Journal of Production Economics*, 261, 108886. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2023.108886>
- Reyes, R. X., & Tomalá, D. J. (2023). Análisis y mejora del sistema de producción en un laboratorio de larvas de camarón ubicado en la Provincia de Santa Elena. *Universidad Politécnica Salesiana*.
- Reyes-Blácido, I., Damián-Guerra, E., Ciriaco-Reyes, N., Corimayhua-Luque, O. B., & Urbina-Olortegui, M. L. (2022). *Scientific methods and their application in pedagogical research*. <https://dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/download/3106/3096/>
- Rimbaldo-Luzon, C. A., Prado-Carpio, E. C., Valarezo-Macías, C. A., & Carvajal-Romero, H. R. (2024). Análisis de la Producción y Exportación del Sector Camaronero en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 6682–6695. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I1.10028
- Roca-González, K. C. (2023). *Análisis de indicadores productivos de larvas de camarón en el laboratorio Ambartek s.a. durante el período 2017-2021, Engabao – Playas*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8868>

- Roco-Videla, Á., Aguilera-Eguía, R., & Olguin-Barraza, M. (2024). Ventajas del uso del coeficiente de omega de McDonald frente al alfa de Cronbach. *Nutrición Hospitalaria*, 41(1), 262–263. <https://doi.org/10.20960/NH.04879>
- Rodríguez-Balón, J. C. (2023). DESARROLLO DE UN MODELO LOGÍSTICO CON TRANSBORDO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS DE CAMARÓN PROVENIENTE DEL LABORATORIO AQUATROPICAL, CANTÓN SALINAS, ECUADOR. *UPSE*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bfeb82ca-9934-423d-8e0e-08ec4d317121/content>
- Roslina, R., Rizky, P. N., & Arifin, Moh. Z. (2025). FEED MANAGEMENT INNOVATIONS FOR ENHANCING THE GROWTH PERFORMANCE OF VANNAMEI SHRIMP LARVAE (LITOPENAEUS VANNAMEI). *Jurnal Perikanan Unram*, 15(2), 966–979. <https://doi.org/10.29303/JP.V15I2.1499>
- Ruiz-López, S. E. (2024). Estrategias de Gestión de la Cadena de Suministro en un Mundo Globalizado. *Revista Científica Zambos*, 3(2), 97–119. <https://doi.org/10.69484/RCZ/V3/N2/19>
- Sánchez-Granda, C. B. (2025). Análisis del sistema de costeo por procesos y la rentabilidad empresarial en las empresas de producción acuícola de laprovincia de Santa Elena. *Identidad Bolivariana*, 9(2), 113–129. <https://doi.org/10.37611/IB9OL2113-129>
- Sánchez-Mojica, K. Y., Pérez-Dominguez, L. A., Rojas-Santiago, M., & Palomino-Pacheco, K. R. (2023). Metodología basada en el modelo SCOR para analizar el proceso de producción de abono orgánico en lombricultivos. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(36), 173–181. <https://doi.org/10.24054/RCTA.V2I36.34>
- Santos, H. G., & Toffolo, T. A. M. (2020). *Mixed Integer Linear Programming with Python*.
- Shekarian, E., Ijadi, B., Zare, A., & Majava, J. (2023). Sustainable Supply Chain Management: A Comprehensive Systematic Review of Industrial Practices. *Sustainability 2022*, Vol. 14, Page 7892, 14(13), 7892. <https://doi.org/10.3390/SU14137892>
- Shrestha, N. (2021). Factor Analysis as a Tool for Survey Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 9(1), 4–11. <https://doi.org/10.12691/AJAMS-9-1-2>

- Shriharsha, Pai, J. B., & Hungund, S. (2025). Investigating the mediating roles of inventory management and supply chain disruption factors in logistics performance – An evidence from the construction industry from Coastal Karnataka, India. *Results in Engineering*, 26, 104822. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.104822>
- Silva-Herrera, J. M., & Gallegos-Falla, M. I. (2024). *Impacto del modelo SCOR en la productividad de la Aragoneza* / *ISTE SCIENTIST*. 3. <https://revistas.iste.edu.ec/index.php/reviste/article/view/32>
- Sireci, S., & Benítez, I. (2023). Evidencias sobre la validación de los tests: una guía práctica. *Psicothema*, 35(3), 217–226. <https://doi.org/10.7334/PSICOTHEMA2022.477>
- Starbuck, C. (2023). Research Design. *The Fundamentals of People Analytics*, 51–57. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28674-2_4
- Suárez-Zaruma, M. V., Sibre-Curillo, J. M., & González-Illescas, M. (2023). La Certificación Orgánica del Camarón de Exportación como Estrategia de Diferenciación en los Mercados Internacionales. *European Scientific Journal, ESJ*, 16(34), 166. <https://doi.org/10.19044/ESJ.2020.V16N34P166>
- Supriyono, E., Rasul, Budiardi, T., Hastuti, Y. P., Adiyana, K., & Thesiana, L. (2021). A study on the effect of different colours of culture tanks in nursery, on the production performance, biochemical composition of flesh and physiological responses of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 52(9), 4086–4093. <https://doi.org/10.1111/ARE.15246>
- Suzuki, A., Olivia, S., Nam, V. H., & Lee, G. (2025). Contaminated water spillovers or peer effects? Determinants of disease outbreaks in shrimp farming in Vietnam. *Agricultural Economics (United Kingdom)*, 56(2), 210–227. <https://doi.org/10.1111/AGEC.12872>
- Tanjung, L. R., Prihutomo, A., Nawir, F., Chrismadha, T., & Widiyanto, T. (2022). Productivity assessment of an intensive whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* farm based on Powersim-simulated growth rates. *Aquaculture International*, 30(4), 2179–2196. <https://doi.org/10.1007/S10499-022-00895-7>
- Terreros-Ponce, F. A. (2025). Eficiencia productiva en la industria camaronera del Ecuador: Influencia de factores tecnológicos y ambientales en su Competitividad. *Ciencia Latina*

Revista Científica Multidisciplinar, 9(1), 1696–1713.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15939

Thomas, D., & Zubkov, P. (2023). Quantitative Research Designs. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/370630979_Quantitative_Research_Designs

Tunal-Santiago, G. (2022). PROTOCOLIZANDO LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. *INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO*, 37(1), 235–255.
<https://doi.org/10.56219/INVESTIGACINYPOSTGRADO.V37I1.68>

Velásquez-López, P. C., Solorzano-Reyes, J. F., Ochoa-Pereira, P. M., Solano-Motoche, G. W., Quizhpe-Cordero, P., & Guillen-Añasco, R. M. (2023). Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* con agua dulce en el Sur del Ecuador. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 10(2), 74–87.
<https://doi.org/10.36610/J.JSAAS.2023.100200074>

Vitorino-Bizi, C. M. (2023). Industry 4.0-based smart systems in aquaculture: A comprehensive review. *Aquacultural Engineering*, 103, 102360.
<https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2023.102360>

Yeni, F. B., Yılmaz, B. G., Özçelik, G., Yılmaz, Ö. F., & Kalaycıoğlu, O. (2025). Revealing risk mitigation strategies for supply chain resilience in aquaculture industry through a methodology equipped with lean tools and stochastic programming. *Computers & Industrial Engineering*, 205, 111157. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2025.111157>

Yıldırım, Ç. (2023). Measuring network efficiency of the aquaculture value chain in Turkey. *Aquaculture*, 576, 739896. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.739896>

Zanipatin-Vera, J. O., & García-Castro, W. (2024). Plan de mejora del cultivo de larvas de camarón en la empresa MARYLARVAS. *Revista Social Fronteriza*, 4(2).
[https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(2\)e164](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(2)e164)

Zhang, F., Chen, H., Yu, J., & Chen, R. (2025). Source tracking of larval bacterial community of Pacific white shrimp across the developmental cycle: ecological insights for microbial management and pathogen prevention in larviculture. *BioRxiv*, 2025.05.25.655974.
<https://doi.org/10.1101/2025.05.25.655974>

Zhang, Q., Li, H., Pei, H., & Liu, N. (2025). Construction of a new robust dual-channel supply chain network with forward logistics and reverse logistics. *Computers & Industrial Engineering*, 204, 111075. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2025.111075>

ANEXOS

Anexo 1.

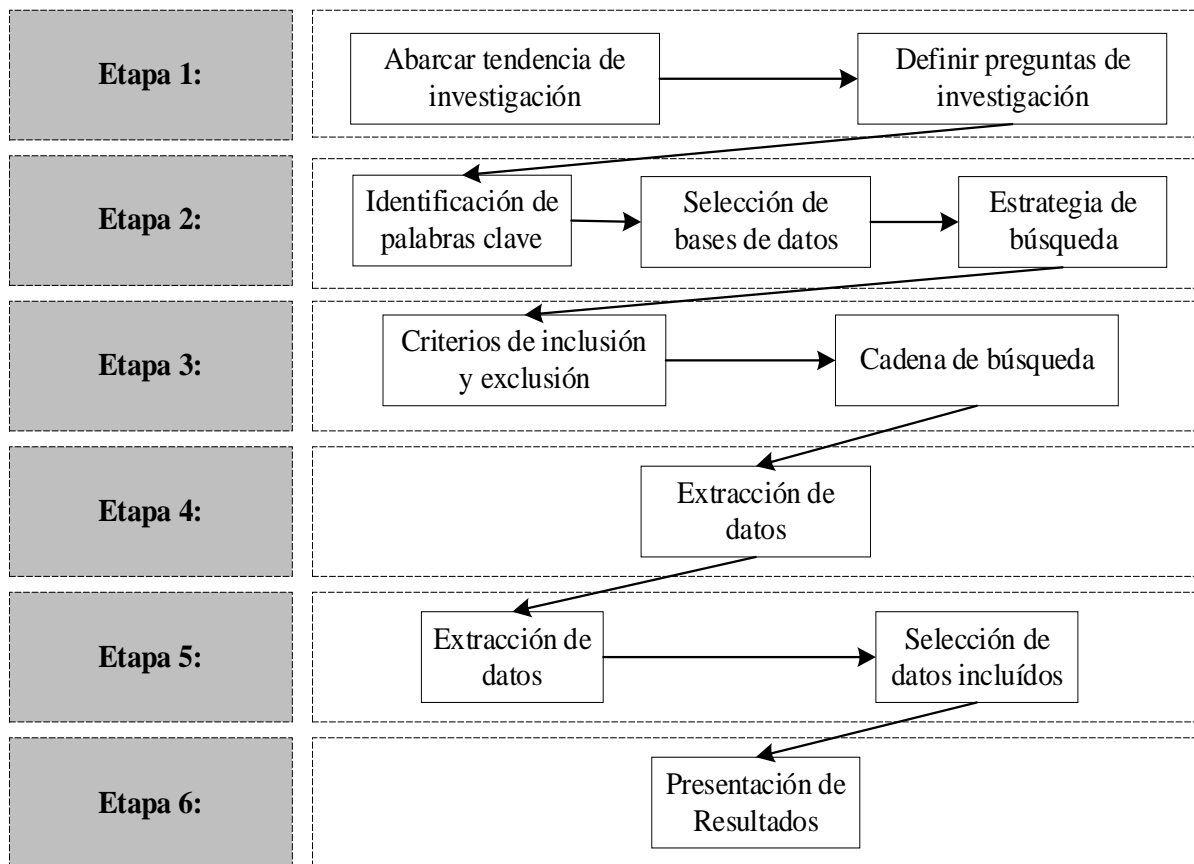
Estado del arte.

En base a la investigación de Pardal-Refoyo, (2023), la revisión literaria se refiere a una fase imprescindible en todo tipo de investigación, debido a que permite situar el estudio y a sustentarla teórica y conceptualmente desde un punto de vista de otros investigadores que han escrito anteriormente sobre el tema de investigación. Además, esta etapa posibilita identificar los vacíos del conocimiento y contrastar enfoques metodológicos aplicadas en contextos similares, formulando objetivos claros y la selección de técnicas apropiadas para que el estudio aporte un valor añadido vinculado a conocimientos existentes.

Para Múzquiz-Flores & Ramírez-Montoya, (2023), el mapeo sistemático de la literatura brinda una selección cuidadosa de investigaciones de la elaboración de un tema en específico, el cual posibilita a investigadores y lectores interesados el trazado de rutas de indagación más concretas. Este método permite clasificar y organizar la información relevante de forma estructurada, con la finalidad de identificar las áreas de mayor desarrollo y cuáles requieran de mayor atención investigativa. En este sentido, el mapeo sistemático resulta fundamental para delimitar la revisión literaria en base a modelos de cadena de suministro en la producción acuícola, especialmente en el segmento larvario, lo que garantiza un marco teórico sustentado con evidencia actual. El proceso del MSL se muestra en la siguiente Figura 16:

Figura 16.

Etapas del MSL método PRISMA.



Nota. Elaborado por los autores adaptado de (Múzquiz-Flores & Ramírez-Montoya, 2023).

Mapeo sistemático mediante PRISMA

Etapas del Mapeo sistemático mediante PRISMA

Etapas del Mapeo sistemático mediante PRISMA

La primera etapa del mapeo sistemático del método PRISMA consistió en la formulación de preguntas de investigación que orientan y delimitan el alcance del estudio. En esta etapa se definieron los aspectos centrales a analizar, como la cantidad de publicaciones existentes, su distribución geográfica y las metodologías más utilizadas en torno a la cadena de suministro. Para lograrlo se estructuraron interrogantes claras y específicas, mostradas en la Tabla 46, las cuales permitieron abarcar dimensiones de tema y asegurar una exploración exhaustiva de la literatura. Estas preguntas funcionan como un marco de referencia que dirige la búsqueda y el análisis posterior, posibilitando no solo reconocer patrones y tendencias en las investigaciones revisadas, sino también detectar vacíos de conocimiento que servirán como base para fortalecer la presente propuesta.

Tabla 47.

Preguntas de investigación basadas en la variable “cadena de suministro”.

#	Preguntas
1	¿Cuántas investigaciones existen en las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect en el rango 2023 a 2025?
2	¿Cuál es la distribución geográfica de estas investigaciones?
3	¿Cuáles son las palabras más frecuentes de estas investigaciones?
4	¿Cuáles son las metodologías aplicadas dentro de la variable de estudio?
5	¿Cuáles son las técnicas que utilizaron?
6	¿Cuáles son los instrumentos que utilizaron?

Nota. Elaborado por los autores.

Etapa 2: Búsqueda de estudios primarios

En esta fase se realizó una búsqueda absoluta en las bases de datos Scopus, Web of Science (WoS) y ScienceDirect, considerando únicamente artículos científicos publicados entre 2023 y 2025. Para garantizar la pertinencia de los resultados, aplicaron filtros relacionados con el tipo de documento. Los idiomas inglés y español, el acceso abierto y la temática vinculada directamente al modelo de cadena de suministro. La estrategia de búsqueda incluyó el uso de términos clave como “supply chain” y “supply chain model”, aplicados en títulos, resúmenes y palabras clave, lo que permitió focalizar la identificación de estudios de interés. La aplicación de esta cadena de búsqueda posibilitó delimitar la información de manera precisa, asegurando que los estos estudios estén directamente relacionados con el campo de la ingeniería industrial y el análisis de modelos de cadena de suministro. De esta forma, se logra construir un conjunto de datos confiable que sirve como base para el análisis posterior. La Tabla 47 detalla los criterios y términos empleados en el proceso de búsqueda.

Tabla 48.

Cadena de búsqueda en Scopus, WoS y ScienceDirect.

Cadena de búsqueda en Scopus, WoS y ScienceDirect	
Cadena de búsqueda en Scopus.	(TITLE-ABS-KEYWORDS (“Supply Chain”) OR (“Supply Chain Model”)) AND DOCTYPE (art) AND LANGUGE (English and Spanish) AND OPEN ACCESS (limited to all open access) AND PUBYEAR (2023-2025).
Cadena de búsqueda en WoS.	(TITTLE-ABS-KEYWORDS (“Supply Chain”) OR (“Supply Chain Model”)) AND DOCTYPE (art) AND LANGUGE (English and Spanish) AND OPEN ACCESS (limited to all open access) AND PUBYEAR (2023-2025).

Cadena de búsqueda en ScienceDirect-	(TITLE-ABS-KEYWORDS (“Supply Chain”) OR (“Supply Chain Model”)) AND DOCTYPE (art) AND LANGUAGE (English and Spanish) AND OPEN ACCESS (limited to all open access) AND PUBYEAR (2023-2025).
--------------------------------------	--

Nota. Elaborado por los autores.

En esta etapa se empleó la búsqueda y se realizó la extracción de los estudios encontrados, los cuales se concentraron en un archivo BibTeX que permitió organizar y gestionar de manera sistemática la información recopilada. Como resultado, a búsqueda en las bases de datos seleccionadas determinó un total de 1002 artículos en Scopus, 659 artículos en WoS y 94 artículos en ScienceDirect. Este proceso inicial aseguró un panorama amplio de publicaciones relacionadas con la variable de estudio. Posteriormente, dichos registros se sometieron a un proceso de depuración mediante la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, con el fin de reducir la muestra y conservar únicamente aquellos documentos con pertinencia temática y metodológica. De esta manera, se optimiza la revisión al concentrarse en los estudios más relevantes, para cumplir con los objetivos de la investigación.

Etapa 3: Criterios de inclusión y exclusión

Una vez las preguntas de investigación y la cadena de búsqueda, fue necesario establecer criterios de inclusión y exclusión que permitieran delimitar los estudios más relevantes para responder al objetivo del mapeo sistemático. Estos criterios se aplicaron considerando aspectos como el periodo de publicación, el idioma, el tipo de documento y la pertinencia temática con el modelo de cadena de suministro.

Dentro de los criterios de inclusión se consideraron: (i) artículos científicos cuyo título, resumen y palabras clave contenga el tema de estudio “cadena de suministro”; (ii) artículos indexados en las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect; (iii) publicaciones comprendidas entre los años 2023 y 2025; (iv) documentos en idioma inglés y español de acceso abierto; y (v) estudios directamente relacionados con la gestión o modelado de cadenas de suministro en el ámbito de la ingeniería industrial. Por otro lado, los criterios de exclusión incluyeron: (i) artículos duplicados entre las bases de datos; (ii) trabajos académicos arbitrados como tesis, monografías y capítulos de libros; (iii) ponencias o conferencias sin revisión por pares; y (iv) estudios cuya temática no guarde relación directa con el objeto de investigación.

De esta forma, se asegura que el corpus de literatura analizado mantenga un alto nivel de calidad científica y una clara vinculación con el propósito de la investigación. La Tabla 48 resume los criterios de inclusión y exclusión aplicados.

Tabla 49.*Determinación de los criterios de inclusión y exclusión.*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Trabajos con “Cadena de suministro” en el título, resumen o palabras claves.	Trabajos en los que la cadena de suministro no sea el objetivo principal de estudio.
Trabajos indexados en las diferentes bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect.	Trabajos publicados como tesis, libros, conferencias y duplicados.
Trabajos que se encuentren a publicados a partir del año 2023 al 2025.	Trabajos publicados antes de los últimos 5 años anteriores.
Trabajos presentados en el idioma inglés y español.	Trabajos presentados en un idioma distinto al español o inglés.
Trabajos relacionados al área industrial.	Trabajos no relacionados al área industrial.

Nota. Elaborado por los autores.

Los estudios se seleccionaron a partir del año 2023 al 2025 y de las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect para la obtención de una amplia gama de información en base al modelo de cadena de suministro como se muestra en la siguiente Tabla 49.

Tabla 50.*Bases de datos y cadena de búsqueda.*

Base de datos	Cadena de búsqueda
Scopus	Supply Chain or Supply Chain Model.
WoS	Supply Chain or Supply Chain Model.
ScienceDirect	Supply Chain or Supply Chain Model.

Nota. Elaborado por los autores.**Etapa 4: Extracción de datos**

Como resultado del mapeo sistemático, se obtuvieron un total de 1755 artículos extraídos de las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect. De cada publicación se recopiló información relevante que permitió estructurar una base organizada para el análisis posterior. Entre los datos considerados se encuentran: título, autor(es), año de publicación, revista, base de datos de origen, número de citas, resumen, palabras clave, tipo de documento y distribución geográfica. Esta sistematización, detallada en la Tabla 50, posibilitó una clasificación clara y precisa de los estudios, garantizando la identificación de patrones, tendencias y áreas de mayor producción científica en torno al modelo de cadena de suministro. De este modo, la etapa de extracción constituye un paso esencial para depurar y aprovechar la información más

significativa, asegurando que el análisis posterior se fundamente en datos estructurados y comparables.

Tabla 51.

Datos extraídos de los artículos seleccionados.

Información extraída
Autor(es)
Título
Año
Base de Datos
Revista
Número de Citas
Abstract
Palabras claves del autor(es)
Tipo de documento
Distribución geográfica

Nota. Elaborado por los autores.

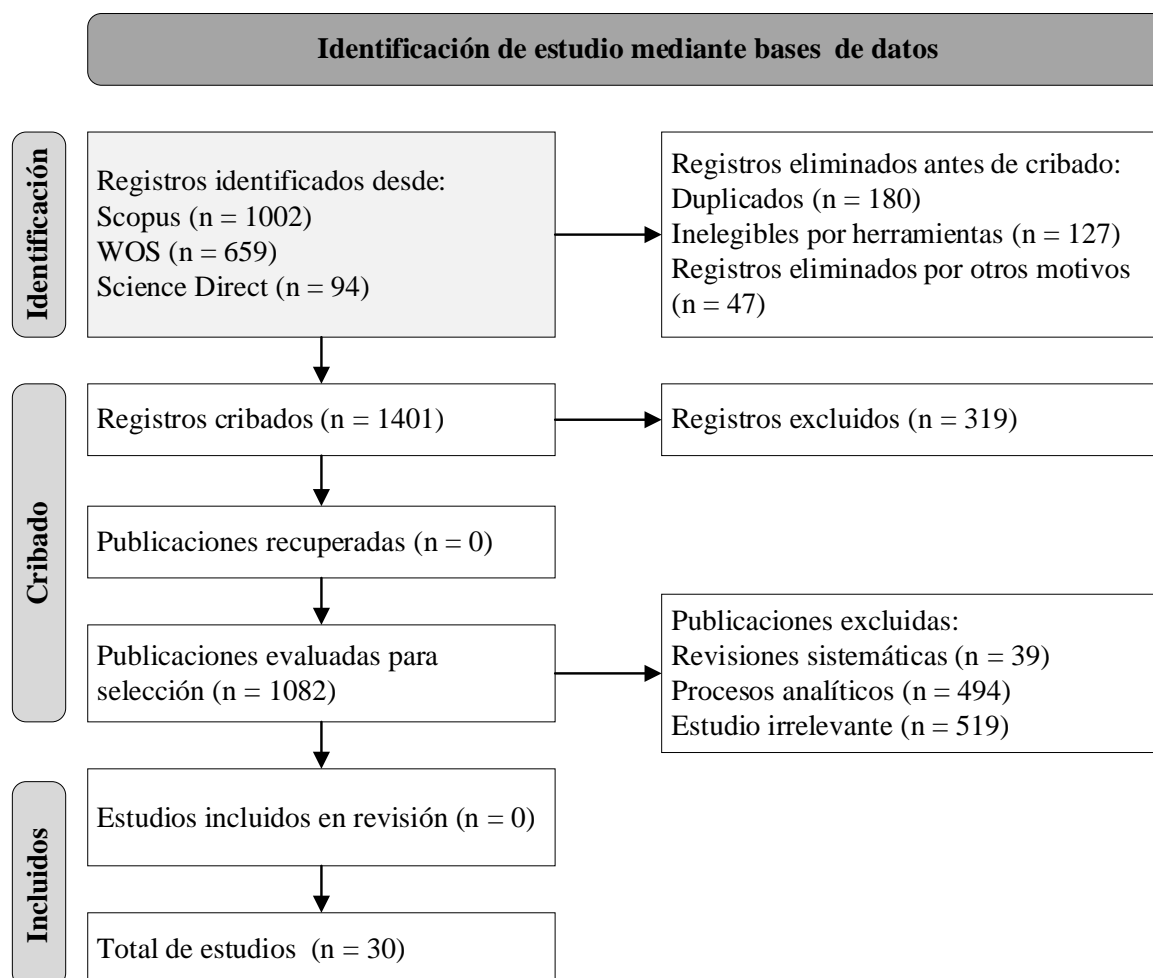
Etapa 5: Fase de revisión

Luego de recopilar la información de los 1755 artículos, se aplicaron los criterios de exclusión para filtrar aquellas publicaciones cuyo enfoque no correspondía al tema principal de interés. En esta etapa se eliminaron específicamente tesis, libros, conferencias y estudios no relacionados con el área industrial, asegurando que los datos analizados fueran pertinentes y confiables. La aplicación rigurosa de estos criterios permitió reducir la cantidad de documentos y concentrar la revisión en aquellos artículos que aportan evidencia directa sobre metodologías, técnicas e instrumentos utilizados en estudios sobre modelos de cadena de suministro.

Como se muestra en la Figura 17, durante el proceso de cribado se identificaron y eliminaron 180 artículos duplicados, 21 por inelegibilidad de herramientas y 5 por otros motivos, mientras que de los documentos restantes se clasificaron 12 revisiones sistemáticas, 21 artículos de procesos analíticos y 35 estudios irrelevantes, quedando un total de 30 artículos seleccionados para la extracción de datos. Este filtrado garantiza que la información final sea representativa, precisa y útil para fundamentar la propuesta de investigación, permitiendo una evaluación detallada de las metodologías aplicadas en el área de estudio.

Figura 17.

Selección de artículos de investigación incluidos en el mapeo sistemático.



Nota. Elaborado por los autores.

Etapa 6: Resultados

La Tabla 51 se presenta la matriz referencial de los 30 artículos seleccionados mediante el mapeo sistemático basado en el método PRISMA. De estos, 15 artículos se centraron en modelos de cadena de suministro y 15 en producción larvaria, cubriendo así las variables principales de la tesis. La información extraída incluye relación con el tema, autores, metodología, técnicas e instrumentos empleados en cada estudio, lo que permite una visualización comparativa y sistemática de las prácticas investigativas más relevantes.

El análisis de esta matriz tiene como finalidad identificar las metodologías, técnicas e instrumentos con mayor aplicabilidad para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Esta revisión comparativa permite seleccionar enfoques adecuados que optimicen la

implementación del modelo de cadena de suministro en el contexto específico de la producción de larvas de camarón, asegurando que las estrategias adoptadas sean pertinentes, eficientes y basadas en evidencia científica.

Tabla 52.

Matriz referencial de artículos seleccionados en el mapeo sistemático método PRISMA.

N°	Relación	Autores	Metodología	Técnicas	Instrumentos
1	Modelo cadena de suministro.	(Q. Zhang et al., 2025)	DRO (Distributionally Robust Optimization)	Programación lineal entera mixta (MILP).	Cuestionario.
2	Modelo cadena de suministro.	(Corsini et al., 2024)	CLSC (Closed-Loop Supply Chain) Economía circular.	Análisis experimental.	Datos de producción y remanufactura.
3	Modelo cadena de suministro.	(Reusken et al., 2023)	Modelo de optimización aplicado a la cadena de suministro.	Optimización matemática; análisis de datos reales.	Guías de entrevista; análisis documental.
4	Modelo cadena de suministro.	(Aiello et al., 2025)	CLSC (Closed-Loop Supply Chain) Economía circular.	Análisis experimental.	Cuestionario.
5	Modelo cadena de suministro.	(Behnert et al., 2024)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	Análisis cualitativo exploratorio.	Cuestionario.
6	Modelo cadena de suministro.	(Shriharsha et al., 2025)	Modelos de ecuaciones estructurales (SEM).	Análisis estadístico multivariante.	Guías de entrevista; análisis documental.
7	Modelo cadena de suministro.	(González-Reyes et al., 2023)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	Análisis cualitativo exploratorio.	Observación directa, cuestionario.
8	Modelo cadena de suministro.	(Cannas et al., 2024)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	Análisis experimental.	Guías de entrevista; análisis documental.
9	Modelo cadena de suministro.	(Janmontree et al., 2025)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	FMEA (Análisis de Modos de Fallo y Efectos).	Cuestionario.
10	Modelo cadena de suministro.	(Chairany et al., 2023)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	FMEA (Análisis de Modos de Fallo y Efectos).	Guías de entrevista; análisis documental.

11	Modelo cadena de suministro.	(Hernández-Rivadeneira et al., 2024)	CLSC (Closed-Loop Supply Chain) Economía circular.	Revisión bibliográfica.	Guías de entrevista; análisis documental.
12	Modelo cadena de suministro.	(Karim et al., 2024)	CLSC (Closed-Loop Supply Chain) Economía circular.	Análisis de regresión.	Análisis documental.
13	Modelo cadena de suministro.	(Kudrenko et al., 2025)	Six Sigma.	Análisis de regresión.	Cuestionario.
14	Modelo cadena de suministro.	(Çiçek & Turan, 2023)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	Lean Six Sigma.	Cuestionario.
15	Modelo cadena de suministro.	(Espinoza-Cabrera & Chávez-Albujar, 2024)	SCOR (Supply Chain Operations Reference Model).	Análisis cualitativo exploratorio.	Cuestionario.
16	Producción de larvas.	(Reyes & Tomalá, 2023)	Análisis estadístico.	FODA, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de flujo, Diagrama de Pareto	Observación, análisis de procesos, registro de problemas.
17	Producción de larvas.	(Roslina et al., 2025)	Cuantitativa.	Cultivo controlado.	Mediciones periódicas.
18	Producción de larvas.	(Roca-González, 2023)	Investigación descriptiva.	Análisis estadístico descriptivo.	Registro de datos de producción, indicadores de supervivencia.
19	Producción de larvas.	(Zanipatin-Vera & García-Castro, 2024)	5S.	Análisis estadístico descriptivo.	Evaluaciones de productividad antes y después del plan de mejora.
20	Producción de larvas.	(Gamboa-Álvarez et al., 2023)	Experimental.	Suplementación dietética.	Pruebas de calidad.
21	Producción de larvas.	(F. Zhang et al., 2025)	Cuantitativa.	Análisis de datos.	Análisis de expresión génica.
22	Producción de larvas.	(Peñalosa-Martinell et al., 2023)	Mixta.	Observación directa.	Análisis financiero.
23	Producción de larvas.	(Pantjara et al., 2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	Muestras de calidad de agua.

24	Producción de larvas.	(Terreros-Ponce, 2025)	Cualitativa, descriptiva y analítica	Revisión documental.	Encuestas estructuradas.
25	Producción de larvas.	(Motta et al., 2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	Muestras de calidad de agua.
26	Producción de larvas.	(Álvarez-Perero, 2023)	Cuantitativa, comparativa.	Análisis experimental.	Muestreos semanales.
27	Producción de larvas.	(Das & Mishra, 2023)	Revisión bibliográfica.	Análisis de literatura científica.	Sensores, indicadores.
28	Producción de larvas.	(Alwani et al., 2023)	Cuantitativa.	Monitoreo de parámetros.	Muestras de calidad de agua.
29	Producción de larvas.	(Velásquez-López et al., 2023)	Estudio experimental descriptivo.	Monitoreo de parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua.	Medidores de pH, conductividad y salinidad.
30	Producción de larvas.	(Suzuki et al., 2025)	Mixto.	Encuesta; modelo econométricos.	Cuestionario.

Nota. Elaborado por los autores.

Análisis de cuantificación de artículos

Posterior a la selección de los artículos extraídos de las fuentes mencionadas anteriormente, se procedió a realizar un análisis cuantitativo de los estudios mediante representaciones gráficas que facilitan la visualización de las tendencias y patrones identificados. Estas gráficas responden a las preguntas de investigación planteadas en el mapeo sistemático sobre el modelo de cadena de suministro, permitiendo comparar la frecuencia de metodologías, técnicas e instrumentos utilizados en los distintos estudios. De esta forma, se obtiene una evaluación objetiva de la literatura existente, lo que contribuye a fundamentar la elección de enfoques metodológicos adecuados para la implementación de un modelo de cadena de suministro en la producción de larvas de camarón.

P1. ¿Cuántas investigaciones existen en las bases de datos Scopus, WoS y ScienceDirect en el rango 2023 a 2025?

De los 1755 artículos se procedió a aplicar los criterios de inclusión y exclusión para la determinación de los 30 artículos que conforman el método del mapeo sistemático. Así mismo el número de artículos como se muestra en la Tabla 7, se dividió en las bases de datos Scopus (11 artículos), Web of Science (13 artículos) y ScienceDirect (6 artículos) referentes a modelos de cadena de suministro.

Tabla 53.

Total de artículos por base de datos.

Base de datos	Total de artículos	%
Scopus	11	36,66%
WoS	13	43,33%
ScienceDirect	6	20%
Total	30	100%

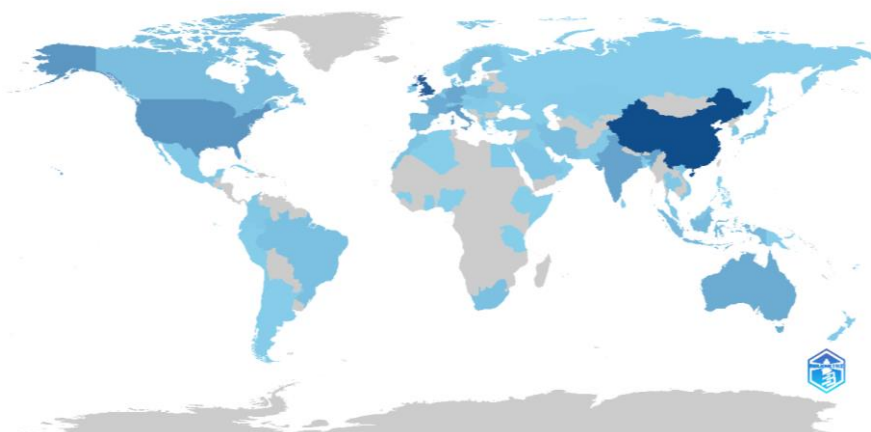
Nota. Elaborado por los autores.

P2. ¿Cuál es la distribución geográfica de estas investigaciones?

Los países con mayor aportación científica en base al tema de estudio “modelo de cadena de suministro” y “cadena de suministro” provienen de China, Reino Unido y Estados Unidos presentando 534, 451 y 223 artículos respectivamente. La Figura 18 muestra el mapa de la distribución geográfica de las autorías donde los países marcados con un color más oscuro representan los países con mayor producción científica en base al tema de estudio. Para la representación gráfica de la distribución geográfica de las investigaciones se utilizó el software RStudio y Bibliometrix, el cual sirvió para la determinación de la cantidad de países involucrados en la aportación de estudios sobre el tema principal.

Figura 18.

Distribución geográfica de las investigaciones seleccionadas.



Nota. Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

De esta manera, la Tabla 53 presenta el número de documentos aportados por los países con mayor participación científica en relación con el tema de estudio. Se observa que China lidera la producción de investigaciones con 534 documentos, seguido del Reino Unido con 451

y Estados Unidos con 223, lo que evidencia la concentración del conocimiento y desarrollo de estudios sobre modelos de cadena de suministro y producción larvaria en estas naciones. Este análisis permite identificar las regiones con mayor desarrollo académico y experiencia práctica en el área, ofreciendo un referente para comprender las tendencias globales y posibles enfoques metodológicos que pueden ser adaptados en investigaciones similares a nivel local.

Tabla 54.

Países con mayor aportación científica en base al tema de estudio.

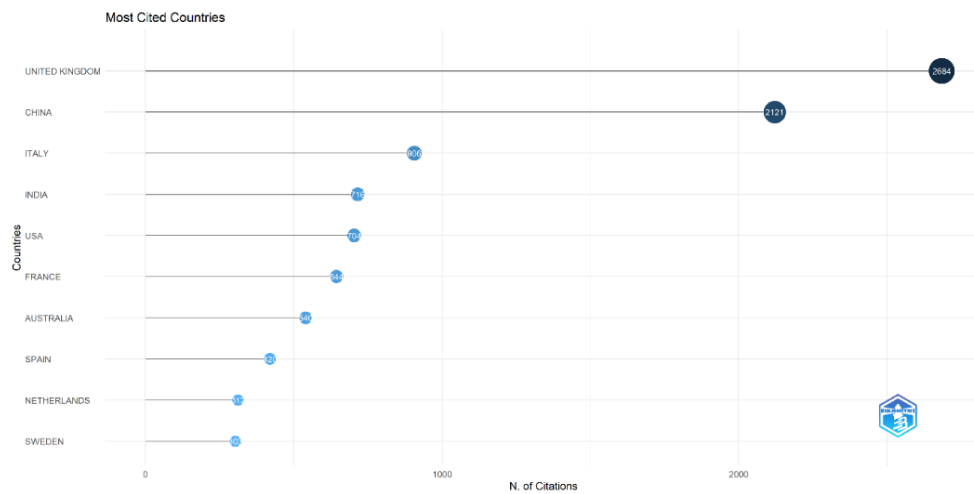
N°	País	Número de documentos aportados
1	China	534
2	Reino Unido	451
3	Estados Unidos	223
4	Italia	188
5	India	165
6	Alemania	151
7	Australia	138
8	Francia	127
9	Indonesia	77
10	Países bajos	76

Nota. Elaborado por los autores.

La Figura 19 presenta los países más citados en relación con el tema de estudio, considerando tanto el total de citas (TC) como las citas promedio por artículo. Se observa que Reino Unido lidera con 2,684 citas acumuladas y un promedio de 16.3 citas por artículo, seguido por China con 2,121 citas y un promedio de 7.7. Italia e India alcanzan 906 y 716 citas respectivamente, ambas con un promedio de 11.5 citas por artículo. Otros países como Francia, Australia, España, Países Bajos y Suecia presentan un total de citas que varía entre 303 y 644, con promedios de citas por artículo entre 8.9 y 16.5. Esta información evidencia la influencia científica de cada país en el desarrollo del tema de investigación, mostrando que algunos países, aunque publiquen menos artículos, pueden generar un mayor impacto por artículo, mientras que otros con mayor cantidad de publicaciones pueden tener un menor promedio de citas. La columna de TC permite observar tanto el impacto acumulado de la investigación de cada país.

Figura 19.

Países más citados en base al tema de estudio.

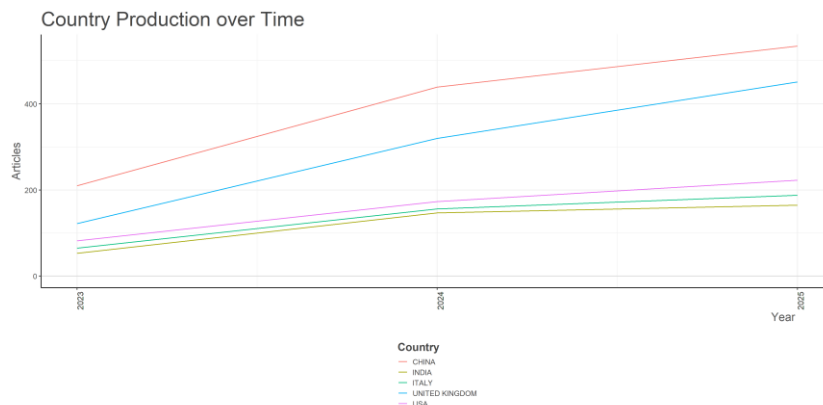


Nota. Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

Finalmente, la Figura 20 muestra la evolución de la producción científica de los países con mayor contribución en el tema de estudio a lo largo del periodo 2023-2025. Se observa que China lidera la publicación de artículos, con un incremento significativo de 210 en 2023 a 534 en 2025, lo que evidencia un crecimiento sostenido en la investigación sobre la cadena de suministro. India presenta también un aumento notable, pasando de 53 artículos en 2023 a 165 en 2025, mientras que Italia incrementa su producción de 65 a 188 artículos en el mismo periodo. Por su parte, el Reino Unido muestra una participación constante con 122 artículos en 2023.

Figura 20.

Producción de los países a lo largo del tiempo.



Nota. Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

P3 ¿Cuáles son las palabras más frecuentes de estas investigaciones?

La Figura 21 presenta una nube de palabras que visualiza los términos más recurrentes en los artículos seleccionados del mapeo sistemático. En esta representación destacan conceptos como “gestión de la cadena de suministro”, “cadena de suministro”, “cadenas de suministro”, “gestión”, “actuación”, “cadena de bloques”, “sostenibilidad”, “toma de decisiones”, “mejoramiento” y “modelo”. La nube de palabras permite identificar de manera rápida los enfoques principales de la literatura, evidenciando que los estudios se concentran en la gestión y optimización de la cadena de suministro, la implementación de modelos estratégicos, la sostenibilidad y la integración de tecnologías innovadoras. Esta visualización facilita comprender los temas prioritarios en el área de estudio y orienta la selección de metodologías, técnicas e instrumentos para la investigación.

Figura 21.

Nube de palabras de los estudios extraídos.

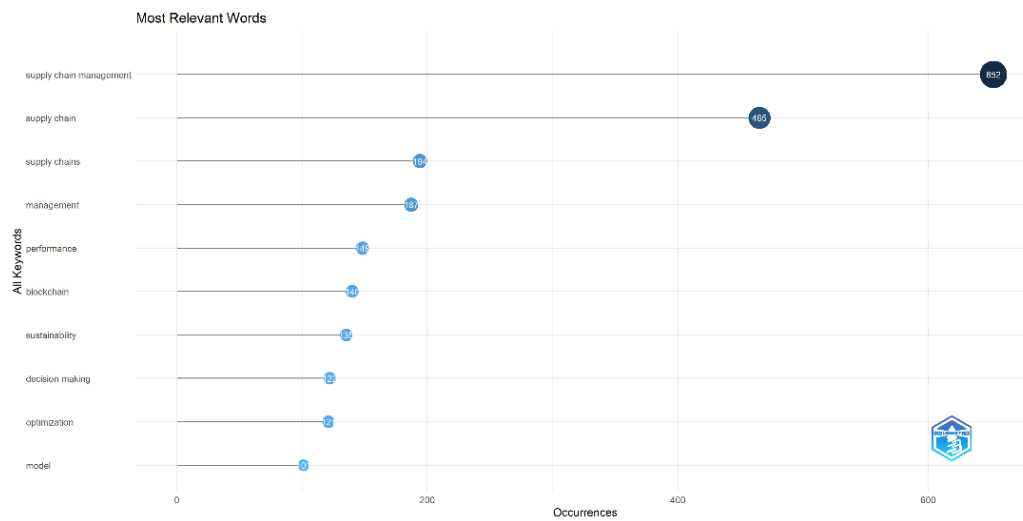


Nota. Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

La Figura 22 muestra las palabras más frecuentes identificadas en los artículos seleccionados dentro del mapeo sistemático, lo cual permite evidenciar los temas y enfoques más tratados en la literatura relacionada con la variable de estudio. Se observa que el término “gestión de la cadena de suministro” lidera con 652 apariciones, seguido de “cadena de suministro” con 465 y “cadenas de suministro” con 194. Otros términos relevantes incluyen “gestión” (187), “actuación” (148), “cadena de bloques” (140), “sostenibilidad” (135), “toma de decisiones” (122), “mejoramiento” (121) y “modelo” (101). Estos resultados reflejan que los estudios se centran en la optimización y control de la cadena de suministro, la sostenibilidad y la incorporación de tecnologías. Además, destacan la importancia de la gestión estratégica y la toma de decisiones en el desempeño de los procesos logísticos.

Figura 22.

Palabras más frecuentes de los estudios extraídos.



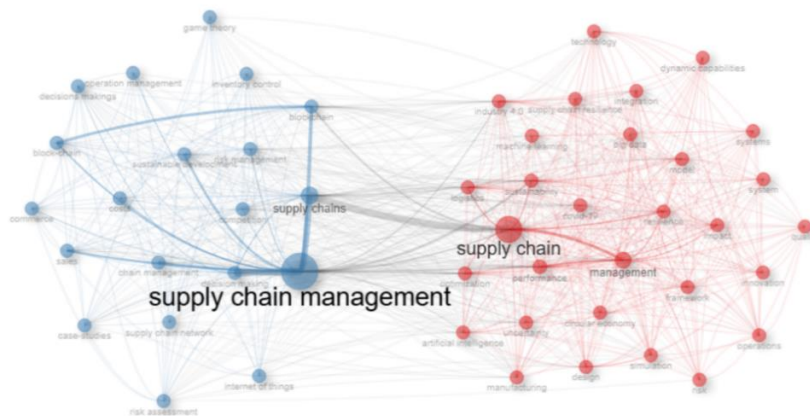
Nota: Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

Análisis de coocurrencia

Este análisis tiene como objetivo identificar los principales términos en el grupo de artículos extraídos, donde se resaltan los términos centrales y el clúster correspondiente, además con la software Bibliometrix se representan los nodos con sus enlaces, lo cual facilita una mejor detección de patrones y de tendencias como se muestra en la siguiente Figura 8, en la cual se puede apreciar la organización y asociación de los términos más relevantes que componen la red de conocimiento analizada.

Figura 23.

Análisis de coocurrencia.



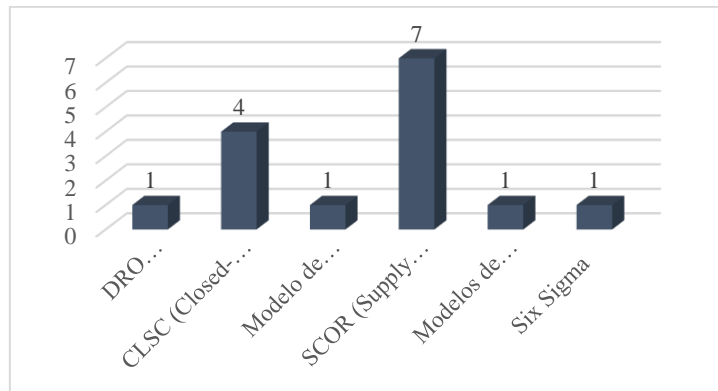
Nota. Elaborado por los autores mediante el software Bibliometrix.

P4. ¿Cuáles son las metodologías aplicadas dentro de la variable de estudio?

La Figura 24 muestra la lista de metodologías aplicadas en los artículos del mapeo sistemático, evidenciando que el modelo SCOR presentó la mayor frecuencia frente a las demás, lo que respalda su aplicación en el estudio. La metodología SCOR (Supply Chain Operations Reference) se empleará debido a su capacidad para ofrecer un marco estandarizado y comprensivo que permite analizar, medir y mejorar los procesos de la cadena de suministro, en este caso orientados a la producción de larvas y su logística asociada. Su uso facilita la identificación de cuellos de botella, ineficiencias y oportunidades de mejora en las etapas de suministro de insumos, manejo de larvas y distribución.

Figura 24.

Frecuencia de las metodologías aplicadas en los artículos extraídos.



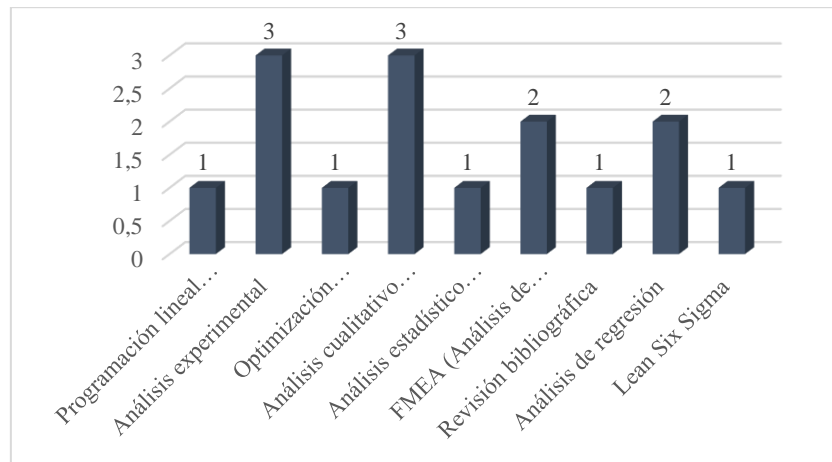
Nota. Elaborado por los autores.

P5. ¿Cuáles son las técnicas que utilizaron?

La Figura 25 presentó la frecuencia de las técnicas utilizadas en los artículos extraídos, determinando que las técnicas análisis experimental y análisis cualitativo exploratorio son las más frecuentes a utilizar para calcular los indicadores de desempeño, identificar problemas críticos y evaluar la eficacia de las estrategias implementadas en la producción de larvas. En el contexto de este estudio, el análisis experimental permitirá medir de manera objetiva variables como la supervivencia, el consumo de alimento y la eficiencia en los procesos de larvicultura, mientras que el análisis cualitativo exploratorio facilita la identificación de causas subyacentes, prácticas operativas y áreas de mejora mediante la observación directa.

Figura 25.

Frecuencia de técnicas utilizadas en los artículos extraídos.



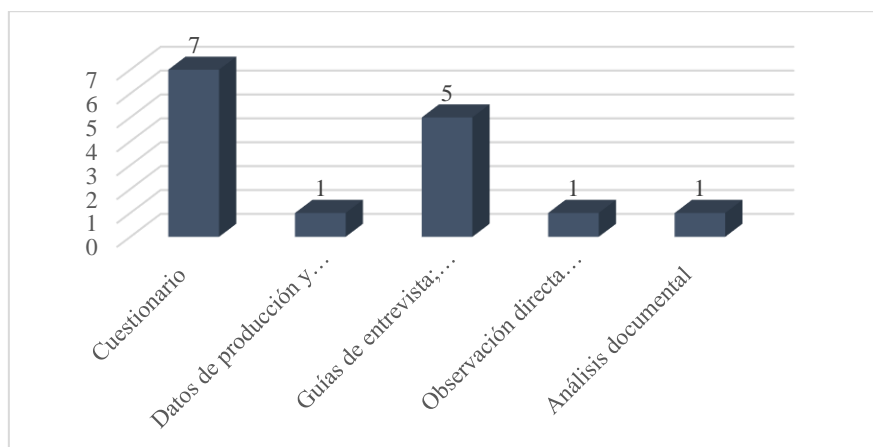
Nota. Elaborado por los autores.

P6. ¿Cuáles son los instrumentos que utilizaron?

En la Figura 26 se determinó que el instrumento de recolección de datos con mayor frecuencia es el cuestionario junto con las guías de entrevistas y análisis documental, indicando que son los instrumentos más adecuados para obtener información tanto cuantitativa como cualitativa sobre el desempeño de la producción de larvas. Los cuestionarios permiten recopilar datos estandarizados sobre indicadores de productividad y eficiencia operacional directamente del personal involucrado en el laboratorio, mientras que las guías de entrevistas facilitarán la obtención de información detallada sobre prácticas.

Figura 26.

Frecuencia de instrumentos utilizados en los artículos extraídos.



Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 2.

Operacionalización de las variables.

Variable independiente	Definición conceptual	Categoría	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Instrumento
Cadena de suministro	Conjunto de procesos interrelacionados que abarcan la planificación, aprovisionamiento, producción, almacenamiento, distribución y devoluciones, con el objetivo de garantizar el flujo eficiente de materiales, información y servicios a lo largo de la organización (Balanzategui-García et al., 2023).	Gestión logística.	1. Planificación. 2. Aprovisionamiento. 3. Producción. 4. Almacenamiento. 5. Distribución. 6. Devoluciones.	- Existencia de planificación de la demanda. - Tiempo promedio de aprovisionamiento. - Disponibilidad de insumos. - Control de inventario. - Tiempo promedio de entrega. - Nivel de cumplimiento en entregas. - Manejo de devoluciones. - Número de larvas producidas por ciclo.	Ordinal.	Encuesta.
Producción de larvas	Proceso biológico y técnico que permite obtener postlarvas de camarón en condiciones controladas, garantizando tasas de supervivencia óptimas y calidad en los organismos producidos (Roslina et al., 2025).	Producción acuícola.	1. Eficiencia productiva. 2. Supervivencia larvaria. 3. Uso de insumos. 4. Costos de producción. 5. Cumplimiento de entregas.	- Porcentaje de supervivencia larvaria. - Consumo de insumos por lote. - Costo promedio por millón de larvas. - Nivel de cumplimiento en la entrega de postlarvas a clientes.	Nominal.	Entrevista, revisión documental.

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 3.

Diseño de las preguntas del instrumento de recolección de datos.

Nº	Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Pregunta formulada
1	Cadena de suministro.	Planificación de la demanda.	Disponibilidad de insumos.	¿La planificación de la demanda es adecuada para garantizar la disponibilidad de insumos?
2	Cadena de suministro.	Relación con proveedores.	Cumplimiento de plazos de entrega	¿Los proveedores entregan insumos dentro de los plazos acordados?
3	Cadena de suministro.	Control de inventarios.	Conocimiento de existencias.	¿El control de inventario permite conocer existencias reales en todo momento?
4	Cadena de suministro.	Procesos de compras.	Formalización y documentación.	¿Los procedimientos de compra y recepción de insumos están formalizados y documentados?
5	Cadena de suministro.	Logística interna.	Flujo de materiales.	¿El flujo de materiales desde proveedores al laboratorio es continuo y sin demoras frecuentes?
6	Cadena de suministro.	Almacenamiento y conservación.	Cumplimiento de requisitos de bioseguridad.	¿El almacenamiento de insumos cumple los requisitos de conservación y bioseguridad?
7	Cadena de suministro.	Mejora de procesos.	Revisión periódica.	¿Los procesos son revisados periódicamente para actualizar y mejorar su funcionamiento?
8	Cadena de suministro.	Comunicación interna.	Coordinación entre áreas.	¿La comunicación entre compras, almacén y producción es clara y eficiente?
9	Cadena de suministro.	Control y evaluación.	Medición de desempeño logístico.	¿Se miden y registran indicadores (KPIs) del desempeño logístico?
10	Cadena de suministro.	Mejora continua.	Acciones de optimización logística.	¿Se realizan acciones de mejora continua sobre los procesos logísticos?
Nº	Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Pregunta formulada
11	Producción de larvas.	Insumos y materia prima.	Calidad y suficiencia de insumos.	¿Los insumos utilizados en el cultivo de larvas son suficientes y de la calidad requerida?
12	Producción de larvas.	Recurso humano.	Capacitación del personal.	¿El personal está adecuadamente capacitado para las labores de producción larvaria?

13	Producción de larvas.	Infraestructura y equipos.	Estado de equipos e instalaciones.	¿El equipo e infraestructura (tanques, bombas, filtros) se encuentran en buen estado de funcionamiento?
14	Producción de larvas.	Control de calidad.	Monitoreo de parámetros del agua.	¿Se monitorean regularmente los parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, salinidad, amonio)?
15	Producción de larvas.	Control y registro.	Seguimiento de supervivencia larvaria.	¿Se registran tasas de supervivencia larvaria por lote y se analizan?
16	Producción de larvas.	Programación productiva.	Cumplimiento de tiempos de producción.	¿Los tiempos de producción se cumplen de acuerdo con la programación establecida?
17	Producción de larvas.	Control sanitario.	Acciones correctivas.	¿Se realizan acciones correctivas cuando se detectan problemas sanitarios o mortandad elevada?
18	Producción de larvas.	Desempeño productivo.	Satisfacción de la demanda.	¿La producción satisface, en general, la demanda solicitada por los clientes?
19	Producción de larvas.	Calidad del producto.	Cumplimiento de estándares.	¿La calidad de las larvas entregadas a clientes cumple con los estándares requeridos?
20	Producción de larvas.	Eficiencia y sostenibilidad.	Operación sostenible.	¿En general, el proceso productivo es eficiente y sostenible para la operación?

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 4.



Diseño de las respuestas del cuestionario (escala Likert).

Valor numérico	Opción de respuesta	Descripción
5	Totalmente de acuerdo	Máximo nivel de acuerdo o satisfacción
4	De acuerdo	Nivel alto de acuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Posición neutral
2	En desacuerdo	Nivel bajo de acuerdo
1	Totalmente en desacuerdo	Nivel mínimo de acuerdo o satisfacción

Nota. Elaborado por los autores.




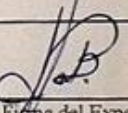

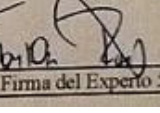
Anexo 5.

Instrumento de recolección de datos - cuestionario.

 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 					
CUESTIONARIO DE RECOLECCION DE DATOS					
Nombre y apellidos:					
Area:					
Edad: () años					
<p><i>Instrucciones:</i> El presente cuestionario tiene como objetivo recopilar información sobre la gestión de la cadena de suministro y la eficiencia en la producción de larvas en PRICMAR S.A. Sus respuestas serán confidenciales y utilizadas exclusivamente con fines académicos en el desarrollo de la tesis mencionada. La participación es voluntaria; puede optar por no responder alguna pregunta o retirarse en cualquier momento sin repercusiones".</p>					
Marque solo una puntuación de la escala que cree que cumple por cada ítem					
Ítems	Escala Likert				
	1. Totalmente en desacuerdo	2. En desacuerdo	3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4. De acuerdo	5. Totalmente de acuerdo
1 ¿La planificación de la demanda es adecuada para garantizar la disponibilidad de insumos?					
2 ¿Los proveedores entregan insumos dentro de los plazos acordados?					
3 ¿El control de inventario permite conocer existencias reales en todo momento?					
4 ¿Los procedimientos de compra y recepción de insumos están formalizados y documentados?					
5 ¿El flujo de materiales desde proveedores al laboratorio es continuo y sin demoras frecuentes?					
6 ¿El almacenamiento de insumos cumple los requisitos de conservación y bioseguridad?					
7 ¿Los procesos son revisados periódicamente para actualizar y mejorar su funcionamiento?					
8 ¿La comunicación entre compras, almacén y producción es clara y eficiente?					
9 ¿Se miden y registran indicadores (KPIs) del desempeño logístico?					
10 ¿Se realizan acciones de mejora continua sobre los procesos logísticos?					
11 ¿Los insumos utilizados en el cultivo de larvas son suficientes y de la calidad requerida?					
12 ¿El personal está adecuadamente capacitado para las labores de producción larvaria?					
13 ¿El equipo e infraestructura (tanques, bombas, filtros) se encuentran en buen estado de funcionamiento?					
14 ¿Se monitorean regularmente los parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, salinidad, amonio)?					
15 ¿Se registran tasas de supervivencia larvaria por lote y se analizan?					
16 ¿Los tiempos de producción se cumplen de acuerdo con la programación establecida?					
17 ¿Se realizan acciones correctivas cuando se detectan problemas sanitarios o mortandad elevada?					
18 ¿La producción satisface, en general, la demanda solicitada por los clientes?					
19 ¿La calidad de las larvas entregadas a clientes cumple con los estándares requeridos?					
20 ¿En general, el proceso productivo es eficiente y sostenible para la operación?					


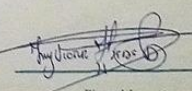
Anexo 6.

Ficha de validación por juicio de expertos del cuestionario.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO		
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA		
La libertad, 25 de septiembre del 2025	Datos del Experto	Observaciones:
Experto:	VICTOR MARIAS PULMAGUA	 Firma del Experto 1
Grado académico:	MASTER	
Experiencia profesional:	22 años	
Tiempo de experiencia:	22 años	
La libertad, 25 de septiembre del 2025	Datos del Experto	Observaciones:
Experto:	EDISON NAEL BUENAFINO	 Firma del Experto 2
Grado académico:		
Experiencia profesional:	8 años	
Tiempo de experiencia:	8 años	
La libertad, 25 de septiembre del 2025	Datos del Experto	Observaciones:
Experto:	GERARDO ANTONIO HERNANDEZ BAUNEN PhD	 Firma del Experto 3
Grado académico:	DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES	
Experiencia profesional:	35 años	
Tiempo de experiencia:	35 años INGENIERO INDUSTRIAL - MAESTRO PH.D	
La libertad, 25 de septiembre del 2025	Datos del Experto	Observaciones:
Experto:	Alexander Cristóbal Villa Aguayo	 Firma del Experto 4
Grado académico:	PHD	
Experiencia profesional:	Temp. Químico, Química, Petróleo	
Tiempo de experiencia:	30+	
La libertad, 25 de septiembre del 2025	Datos del Experto	Observaciones:
Experto:		 Firma del Experto 5
Grado académico:	Magister 4to nivel	
Experiencia profesional:	20 años	
Tiempo de experiencia:	20 años	


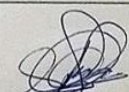
Anexo 7.

Validación experto 1.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																										
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA																										
Indicadores	Criterios	Totalmente en desacuerdo					En desacuerdo					Ni en de acuerdo ni en desacuerdo					De acuerdo					Totalmente de acuerdo				
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100				
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100					
1. Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																				✓					
2. Objetividad	Las sesiones expresan conductas observables																				✓					
3. Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías y enfoques.																				✓					
4. Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																				✓					
5. Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos a necesarios a fortalecer.																				✓					
6. Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema.																				✓					
7. Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teóricos-científicos.																				✓					
8. Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																				✓					
9. Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico.																				✓					
10. Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																				✓					
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del cuestionario que se está validando. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																										
La Libertad, 25 de septiembre de 2025		Promedio: puntos (100)																								
		Experto: VICTOR MATIAS PILLASAGUA																								
		Profesión: Ingeniero Industrial																								
		CI: 0912164043																								
		Correo: vmatias@upse.edu.ec																								
		 Firma del experto																								


Anexo 8.

Validación experto 2.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																										
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA																										
Indicadores	Criterios	Totalmente en desacuerdo					En desacuerdo					Ni en de acuerdo ni en desacuerdo					De acuerdo					Totalmente de acuerdo				
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100				
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100					
1. Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																				✓					
2. Objetividad	Las sesiones expresan conductas observables																				✓					
3. Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías y enfoques.																				✓					
4. Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																				✓					
5. Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos a necesarios a fortalecer.																				✓					
6. Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema.																				✓					
7. Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teóricos-científicos.																				✓					
8. Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																				✓					
9. Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico.																				✓					
10. Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																				✓					
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del cuestionario que se está validando. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																										
La Libertad, 25 de septiembre de 2025		Promedio: puntos (100)																								
		Experto: Edison Woe Buenaño																								
		Profesión: Ingeniero Industrial																								
		CI: 180451063-6																								
		Correo: ebuenaño@upse.edu.ec																								
		 Firma del experto																								



Anexo 9.

Validación experto 3.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																						
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA																						
Indicadores	Criterios	Totalmente en desacuerdo				En desacuerdo				Ni en de acuerdo ni en desacuerdo				De acuerdo				Totalmente de acuerdo				
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100				
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																					✓
2. Objetividad	Las sesiones expresan conductas observables																					✓
3. Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías y enfoques.																					✓
4. Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																					✓
5. Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos a necesarios a fortalecer.																					✓
6. Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema.																					✓
7. Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teóricos-científicos.																					✓
8. Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																					✓
9. Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico.																					✓
10. Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																					✓
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del cuestionario que se está validando. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																						
La Libertad, 25 de septiembre de 2025		Promedio: puntos (100)																				
		Experto: <i>Jng. Genaro Antonio Heredia Brunetti PhD</i>																				
		Profesión: <i>Ingeniero Industrial-Doctor en Ciencias Ambientales</i>																				
		CI: <i>0909254260</i>																				
		Correo: <i>gherra@upse.edu.ec</i>																				
 Firma del experto																						

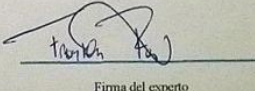
Anexo 10.

Validación experto 4.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																						
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA																						
Indicadores	Criterios	Totalmente en desacuerdo				En desacuerdo				Ni en de acuerdo ni en desacuerdo				De acuerdo				Totalmente de acuerdo				
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100				
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																					✓
2. Objetividad	Las sesiones expresan conductas observables																					✓
3. Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías y enfoques.																					✓
4. Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																					✓
5. Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos a necesarios a fortalecer.																					✓
6. Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema.																					✓
7. Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teóricos-científicos.																					✓
8. Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																					✓
9. Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico.																					✓
10. Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																					✓
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del cuestionario que se está validando. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																						
La Libertad, 25 de septiembre de 2025		Promedio: puntos (100)																				
		Experto: <i>Alejandro Cordero Vélaz Aguayo</i>																				
		Profesión: <i>Ingeniero Mecánico</i>																				
		CI: <i>0908182280</i>																				
		Correo: <i>a.velaz@upse.edu.ec</i>																				
 Firma del experto																						

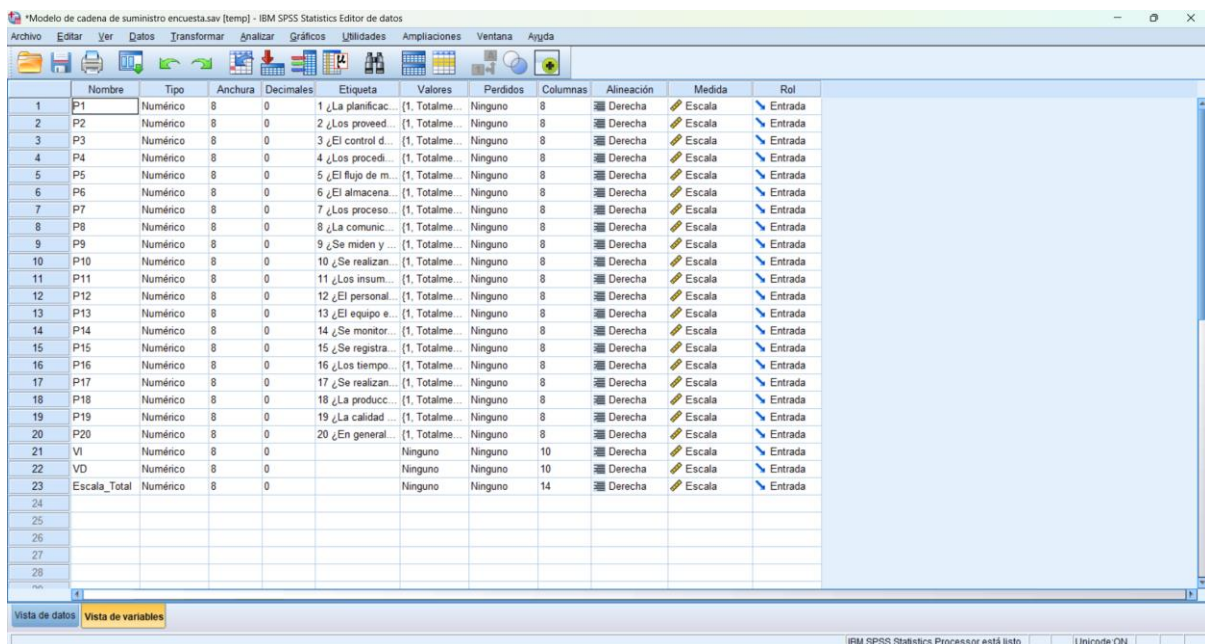
Anexo 11.

Validación experto 5.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																						
Título: MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO PARA LA MAXIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LARVAS EN PRICMAR S.A., PALMAR, PROVINCIA DE SANTA ELENA																						
Indicadores	Criterios	Totalmente en desacuerdo				En desacuerdo				Ni en desacuerdo ni en desacuerdo				De acuerdo				Totalmente de acuerdo				
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100																
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																					✓
2. Objetividad	Las sesiones expresan conductas observables																					✓
3. Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías y enfoques.																					✓
4. Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																					✓
5. Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos a necesarios a fortalecer.																					✓
6. Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema.																					✓
7. Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teóricos-científicos.																					✓
8. Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																					✓
9. Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico.																					✓
10. Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																					✓
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del cuestionario que se está validando. Deberá colocar la puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																						
Promedio: puntos (100)																						
Experto: Franklin Enrique Reyes Soriano.																						
Profesión: Ingeniero Industrial																						
CI: 0908335813																						
Correo: fereyes@upse.edu.ec																						
La Libertad, 25 de septiembre de 2025												 Firma del experto										

Anexo 12.

Tabulación de datos en IBM SPSS Statistics 25.



Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
P1	Númerico	8	0	1 ¿La planificac...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P2	Númerico	8	0	2 ¿Los proveed...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P3	Númerico	8	0	3 ¿El control d...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P4	Númerico	8	0	4 ¿Los procedi...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P5	Númerico	8	0	5 ¿El flujo de m...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P6	Númerico	8	0	6 ¿El almacena...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P7	Númerico	8	0	7 ¿Los proces...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P8	Númerico	8	0	8 ¿La comunic...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P9	Númerico	8	0	9 ¿Se miden y ...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P10	Númerico	8	0	10 ¿Se realizan...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P11	Númerico	8	0	11 ¿Los insum...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P12	Númerico	8	0	12 ¿El personal...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P13	Númerico	8	0	13 ¿El equipo e...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P14	Númerico	8	0	14 ¿Se monitor...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P15	Númerico	8	0	15 ¿Se registra...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P16	Númerico	8	0	16 ¿Los tiempo...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P17	Númerico	8	0	17 ¿Se realizan...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P18	Númerico	8	0	18 ¿La producc...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P19	Númerico	8	0	19 ¿La calidad...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
P20	Númerico	8	0	20 ¿En general...	{1, Totalme...}	Ninguno	8	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
V1	Númerico	8	0		Ninguno	Ninguno	10	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
VD	Númerico	8	0		Ninguno	Ninguno	10	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada
Escala_Total	Númerico	8	0		Ninguno	Ninguno	14	☐ Derecha	☑ Escala	☑ Entrada

Anexo 13.

Coeficiente Omega de McDonald.

Run MATRIX procedure:

***** Written by Andrew F. Hayes *****
 ***** afhayes.com *****

This estimate of omega is based on the approximate and closed-form solution to the computation of loadings described in Hancock, G. R., and An, J. (2020). A closed-form alternative for estimating omega reliability under unidimensionality. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives.

Reliability:
 Omega
 ,908

Item means, standard deviations, estimated loadings, and reliability if item deleted:

	Mean	SD	Loading	Omega
P1	2,400	1,046	,454	,908
P2	3,150	,875	,080	,917
P3	2,900	,912	,458	,907
P4	2,500	1,100	,624	,904
P5	2,400	1,046	,747	,901
P6	2,400	,883	,594	,902
P7	2,500	1,147	,883	,896
P8	2,100	,912	,450	,905
P9	2,100	,912	,798	,896
P10	2,300	,979	,754	,898
P11	3,300	,733	,278	,908
P12	3,850	,988	,637	,902
P13	2,950	1,191	,737	,904
P14	3,600	,754	,534	,901
P15	2,850	,933	,628	,902
P16	3,150	1,089	,820	,900

Anexo 14.

Prueba KMO y Barlett.

/CRITERIA MINEIGEN (1) ITERATE (25)
 /EXTRACTION PC
 /ROTATION NOROTATE
 /METHOD=CORRELATION.

Análisis factorial

Prueba de KMO y Bartlett

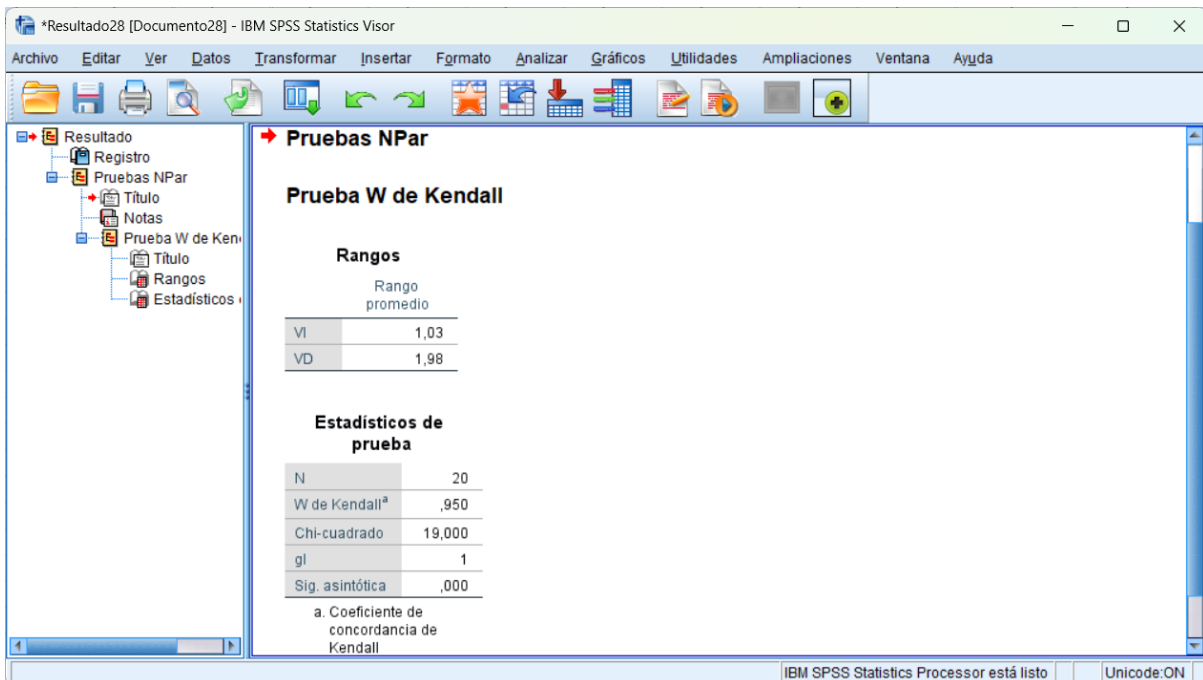
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,811
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	81,791
	gl	21
	Sig.	,000

Comunalidades

	Inicial	Extracción
1 ¿La planificación de la demanda es adecuada para garantizar la disponibilidad de	1,000	,377

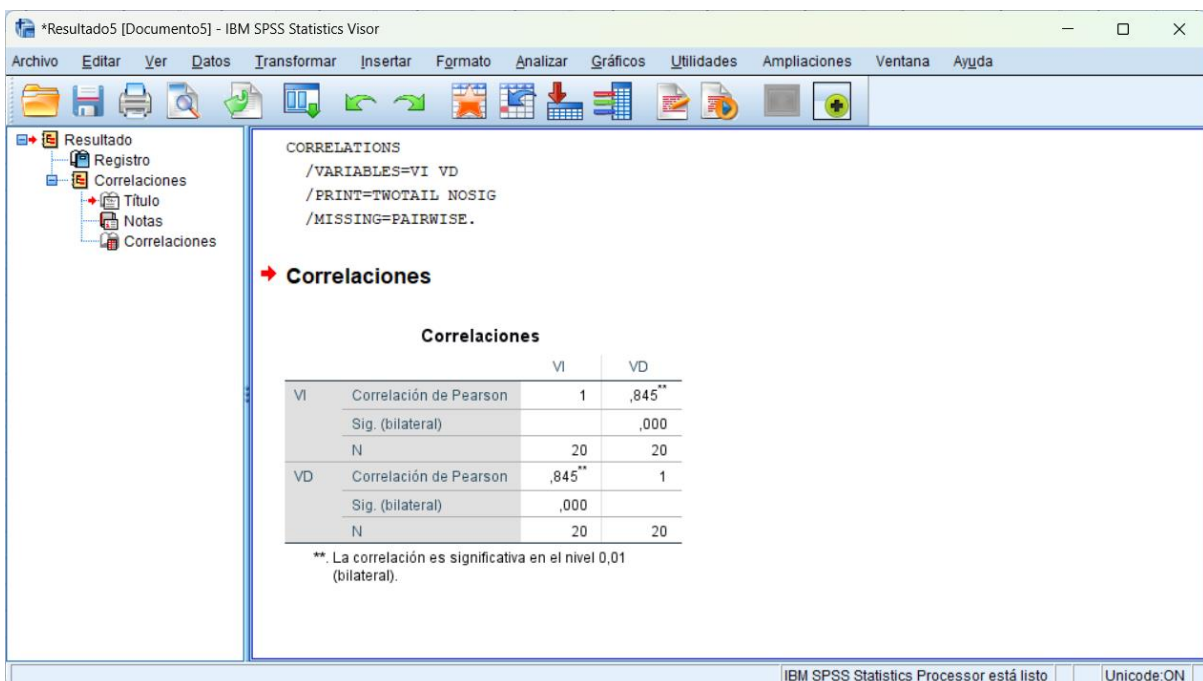
Anexo 15.

Estadísticos de prueba Kendall.



Anexo 16.

Correlación de Pearson.



Anexo 17.

Ciclo Julio Pricmar S.A.

MODULO	TANQUES	FECHA	CANTIDAD	CANT. FACTURA	TANQUES ORIGEN	FUNDAS	SALAS	CODIGO	CODIGO	CODIGO
3	1	16/7/2025	3375,000	2531,250	1	TEXCUMAR S	18	P_A	PRMC11RG	
3	2	16/7/2025	3375,000	2531,250	2	TEXCUMAR S	18	P_A	PRMC11RG	
3	3	16/7/2025	3379,000	2534,250	3	TEXCUMAR S	18	P_A	PRMC11RG	
3	4	16/7/2025	3379,000	2534,250	4	TEXCUMAR S	18	P_A	PRMC11RG	
3	5	16/7/2025	3379,000	2534,250	5	TEXCUMAR S	18	P_A	PRMC11RG	
3	6	16/7/2025	3375,000	2531,250	6	TEXCUMAR S	18	P_C	OMPI11H2G	
3	7	16/7/2025	3375,000	2531,250	7	TEXCUMAR S	18	P_C	OMPI11H2G	
3	8	16/7/2025	3375,000	2531,250	8	TEXCUMAR S	18	P_C	OMPI11H2G	
3	9	16/7/2025	3375,000	2531,250	9	TEXCUMAR S	17	P_C	OMPI11H2G	
3	10	16/7/2025	3375,000	2531,250	10	TEXCUMAR S	17	P_C	OMPI11H2G	
3	11	16/7/2025	3375,000	2531,250	11	TEXCUMAR S	17	P_C/P_A/P_D	OMPI11H2G	PRMC11RG LNCEMOG4M
3	12	16/7/2025	3375,000	2531,250	12	TEXCUMAR S	17	P_D	LNCEMOG4M	
3	13	16/7/2025	3375,000	2531,250	13	TEXCUMAR S	17	P_D	LNCEMOG4M	
3	14	16/7/2025	3375,000	2531,250	14	TEXCUMAR S	17	P_D	LNCEMOG4M	
3	15	16/7/2025	3375,000	2531,250	15	TEXCUMAR S	17	P_D	LNCEMOG4M	
3	16	16/7/2025	3375,000	2531,250	16	TEXCUMAR S	17	P_D	LNCEMOG4M	
3	17	16/7/2025	3375,000	2531,250	17	TEXCUMAR 1	17	J	OMP44SR15G3	
3	18	16/7/2025	3375,000	2531,250	18	TEXCUMAR 1	17	J	OMP44SR15G3	

Anexo 18.

Scorecard propuesto para control y seguimiento.

KPI principal	Fórmula	Meta (%)	Frecuencia de medición	Responsable	Acción correctiva si baja del umbral
Cumplimiento del plan de producción.	(Producción real / Planificada) × 100.	≥ 95	Mensual.	Gerente técnico.	Reprogramar lotes y revisar planificación.
Entregas de insumos a tiempo.	(Entregas a tiempo / Totales) × 100.	≥ 90	Quincenal.	Jefe de compras.	Activar proveedor alternativo.
Tasa de supervivencia larvaria.	(Larvas vivas / Totales) × 100.	≥ 80	Diario / mensual.	Jefe de producción.	Auditoría técnica del lote.
Costo por 1000 larvas.	(Costos totales / Producción) × 1000.	≤ 90 % base	Mensual.	Contabilidad.	Revisar desperdicio de insumos.
% residuos tratados.	(Residuos tratados / Generados) × 100.	≥ 70	Trimestral.	Encargado ambiental.	Ejecutar plan de compostaje.

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 19.

Cronograma de implementación del modelo SCOR.

Fase / Actividad	Duración (meses)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Responsable
Diagnóstico y planificación.	1	X												Gerencia técnica.
Adquisición de sensores e insumos.	2		X	X										Compras / Mantenimiento.
Capacitación y SOPs.	2		X	X										RR.HH. / Producción.
Ejecución piloto (2 ciclos).	3			X	X	X								Producción.
Calibración del modelo MILP.	2				X	X								Asesor técnico.
Escalamiento y ajustes.	3						X	X	X					Gerencia general.
Evaluación final.	3								X	X	X			Comité SCOR.

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 20.

Relación entre fórmulas matemáticas y código Python (PuLp)

Tipo de ecuación	Fórmula teórica	Implementación en el código	Interpretación
	<i>Maximizar Z</i>		
1. Función objetivo	$= \sum_{i=1}^n (x_i * S_i)$	model += lpSum(x[i] * supervivencia_base[i] for i in tanques)	Maximiza la producción total de larvas vivas, multiplicando la cantidad sembrada ((x_i)) por la tasa de supervivencia ((S_i)).
2. Restricción de presupuesto	$\sum_{i=1}^n (x_i * (c_i^{op} + c_i^{ins})) \leq B$	model += lpSum(x[i] for i in tanques) * costo_insumo + lpSum(x[i] * costo_operativo[i] for i in tanques) <= presupuesto	Asegura que el gasto total no supere el presupuesto disponible (4200 USD en tu caso).
3. Restricción de disponibilidad de insumos	$\sum_{i=1}^n (x_i * u_i) \leq S_{disp}$	model += lpSum(x[i] * 0.001 for i in tanques) <= insumo_disp	Controla el uso total de alimento o sustrato disponible (en unidades equivalentes).
4. Restricción de capacidad	$x_i \leq C_i \forall i$	for i in tanques: model += x[i] <= capacidad[i]	Evita que se siembren más larvas que la capacidad máxima del tanque.
5. Variables no negativas	$x_i \geq 0 \forall i$	LpVariable.dicts("LarvasSembradas", tanques, lowBound=0)	Define que la cantidad de larvas sembradas no puede ser negativa.

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo 21.

Modelo matemático de la situación actual de la empresa.

```
Python 3.13.7 (tags/v3.13.7:bce1c3, Aug 14 2025, 14:15:11) [MSC v.1944 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
...
    'T2': 0.002,
    'T3': 0.002
...
}
...
costo_insumo = 0.001
...
# Presupuesto disponible y uso actual (para comparación)
...
presupuesto_disponible = 4200
...
# Cálculo de producción y costos actuales
...
produccion_total_actual = 0
...
costo_total_actual = 0
...
print("=====")
...
print("SITUACIÓN ACTUAL - PRODUCCIÓN DE LARVAS PRICMAR S.A.")
...
print("=====")
...
for i in tanques:
...
    vivas = larvas_sembradas_actual[i] * supervivencia_actual[i]
...
    costo_total = larvas_sembradas_actual[i] * (costo_operativo[i] + costo_insumo)
...
    produccion_total_actual += vivas
...
    costo_total_actual += costo_total
...
    print(f"{i}: {larvas_sembradas_actual[i]:,} sembradas → {vivas:.0f} vivas | Costo: ${costo_total:,.2f}")
...
print("-----")
...
print(f"Producción total actual: {produccion_total_actual:.0f} larvas vivas")
...
print(f"Costo total actual: ${costo_total_actual:,.2f}")
...
print(f"Presupuesto disponible: ${presupuesto_disponible:,.2f}")
...
print(f"Porcentaje del presupuesto utilizado: {100 * costo_total_actual / presupuesto_disponible:.1f}%")
...
print("=====")
```

Anexo 22.

Ejecución del modelo matemático de la situación actual de la empresa.

```
Python 3.13 (64-bit)
...
}
...
costo_insumo = 0.001
...
# Presupuesto disponible y uso actual (para comparación)
...
presupuesto_disponible = 4200
...
# Cálculo de producción y costos actuales
...
produccion_total_actual = 0
...
costo_total_actual = 0
...
print("=====")
...
print("SITUACIÓN ACTUAL - PRODUCCIÓN DE LARVAS PRICMAR S.A.")
...
print("=====")
...
for i in tanques:
...
    vivas = larvas_sembradas_actual[i] * supervivencia_actual[i]
...
    costo_total = larvas_sembradas_actual[i] * (costo_operativo[i] + costo_insumo)
...
    produccion_total_actual += vivas
...
    costo_total_actual += costo_total
...
    print(f"{i}: {larvas_sembradas_actual[i]:,} sembradas → {vivas:.0f} vivas | Costo: ${costo_total:,.2f}")
...
print("-----")
...
print(f"Producción total actual: {produccion_total_actual:.0f} larvas vivas")
...
print(f"Costo total actual: ${costo_total_actual:,.2f}")
...
print(f"Presupuesto disponible: ${presupuesto_disponible:,.2f}")
...
print(f"Porcentaje del presupuesto utilizado: {100 * costo_total_actual / presupuesto_disponible:.1f}%")
...
print("=====")

=====
SITUACIÓN ACTUAL - PRODUCCIÓN DE LARVAS PRICMAR S.A.
=====
T1: 500,000 sembradas → 350,000 vivas | Costo: $1,500.00
T2: 450,000 sembradas → 315,000 vivas | Costo: $1,350.00
T3: 400,000 sembradas → 280,000 vivas | Costo: $1,200.00
-----
Producción total actual: 945,000 larvas vivas
Costo total actual: $4,050.00
Presupuesto disponible: $4,200.00
Porcentaje del presupuesto utilizado: 96.4%
=====
>>>
```

Anexo 23.

Modelo matemático para la maximización de producción de larvas.

```
Python 3.13.7 (tags/v3.13.7:bce1c3, Aug 14 2025, 14:15:11) [MSC v.1944 64 bit (AMD64)] on win32
... insumo_disp = 4000
...
... # --- Variables ---
... x = LpVariable.dicts("LarvasSembradas", tanques, lowBound=0)
... y = LpVariable("UsoInsumos", lowBound=0)
...
... # --- Modelo ---
... model = LpProblem("Optimizacion_Larvas_PRICMAR", LpMaximize)
...
... # Función objetivo: maximizar producción neta
... model += lpSum(x[i] * supervivencia_base[i] for i in tanques)
...
... # Restricciones
... model += lpSum(x[i] for i in tanques) * costo_insumo + lpSum(x[i] * costo_operativo[i] for i in tanques) <= presupu\
sto model += lpSum(x[i] for i in tanques) * costo_insumo + lpSum(x[i] * costo_operativo[i] for i in tanques) <= presupu\
... model += lpSum(x[i] * 0.001 for i in tanques) <= insumo_disp          esto for i in tanques:
... model += lpSum(x[i] * 0.001 for i in tanques) <= insumo_disp          ... for i in tanques:
...                                     model += x[i] <= capacidad[i]
...
... # --- Resolver ---
... model.solve()
...
... # --- Resultados ---tima por tanque:")
... print("Producción óptima por tanque:")
... for i in tanques:
...     print(f"{i}: {x[i].value():.0f} larvas sembradas")
...
... print(f"Producción total proyectada: {sum(x[i].value() * supervivencia_base[i] for i in tanques):.0f} larvas sobrevivientes")
Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.10.3
Build Date: Dec 15 2019
command line - C:\Python313\Lib\site-packages\pulp\apis\..\solverdir\cbc\win\i64\cbc.exe C:\Users\Usuario\AppData\Local\Temp\8e6bd3a3c5954e72b3e1b39de2cf49c
1-pulp.mps -max -timeMode elapsed -branch -printingOptions all -solution C:\Users\Usuario\AppData\Local\Temp\8e6bd3a3c5954e72b3e1b39de2cf49c1-pulp.sol (defa
ult strategy 1)
At line 2 NAME          MODEL
At line 3 ROWS
At line 10 COLUMNS
At line 23 RHS
At line 29 BOUNDS
At line 30 ENDDATA
```

Anexo 24.

Ejecución del modelo matemático.

```
... # --- Resolver ---
... model.solve()
...
... # --- Resultados ---tima por tanque:")
... print("Producción óptima por tanque:")
... for i in tanques:
...     print(f"{i}: {x[i].value():.0f} larvas sembradas")
...
... print(f"Producción total proyectada: {sum(x[i].value() * supervivencia_base[i] for i in tanques):.0f} larvas sobrevivientes")
Welcome to the CBC MILP Solver
Version: 2.10.3
Build Date: Dec 15 2019
command line - C:\Python313\Lib\site-packages\pulp\apis\..\solverdir\cbc\win\i64\cbc.exe C:\Users\Usuario\AppData\Local\Temp\8e6bd3a3c5954e72b3e1b39de2cf49c
1-pulp.mps -max -timeMode elapsed -branch -printingOptions all -solution C:\Users\Usuario\AppData\Local\Temp\8e6bd3a3c5954e72b3e1b39de2cf49c1-pulp.sol (defa
ult strategy 1)
At line 2 NAME          MODEL
At line 3 ROWS
At line 10 COLUMNS
At line 23 RHS
At line 29 BOUNDS
At line 30 ENDDATA
Problem MODEL has 5 rows, 3 columns and 9 elements
Coin0000I MODEL read with 0 errors
Option for timeMode changed from cpu to elapsed
Presolve 0 (-5) rows, 0 (-3) columns and 0 (-9) elements
Empty problem - 0 rows, 0 columns and 0 elements
Optimal - objective value 1000000
After Postsolve, objective 1000000, infeasibilities - dual 0 (0), primal 0 (0)
Optimal objective 1000000 - 0 iterations time 0.002, Presolve 0.00
Option for printingOptions changed from normal to all
Total time (CPU seconds):      0.02 (Wallclock seconds):      0.02

Producción óptima por tanque:
T1: 700,000 larvas sembradas
T2: 650,000 larvas sembradas
T3: 50,000 larvas sembradas
Producción total proyectada: 1,000,000 larvas sobrevivientes
>>>
```

Anexo 25.

Aplicación de instrumento de recolección de datos.



Anexo 26.

Observación directa para recolectar información.



Anexo 27.

Aplicación de entrevista.



Anexo 28.

Tanques de producción de larvas.

