



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

**“MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN
LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA
SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) INDUSTRIAL

AUTOR:

LÓPEZ BORBOR GISSEL MAGALY

TUTOR:

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON, MSc

La Libertad, Ecuador

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN
LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA
SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

LÓPEZ BORBOR GISSEL MAGALY

TUTOR:

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR


2025

UPSE

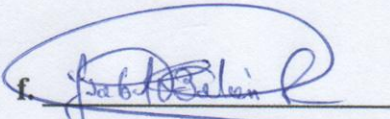
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **LÓPEZ BORBOR GISSEL MAGALY**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Buenaño Edison Noe, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Isabel Balón Ramos, MSc.

La Libertad, a los 10 del mes de julio del año 2025.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “**MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR**”, elaborado por la Srta. **LÓPEZ BORBOR GISSEL MAGALY**, estudiante 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/s Industrial/les, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)

f. 
Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, MSc.

La Libertad, a los 10 del mes de julio del año 2025.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **López Borbor Gissel Magaly**

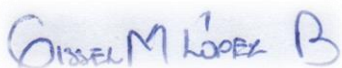
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera 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 mi/nuestra total autoría.

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

La Libertad, a los 10 del mes de julio del año 2025.

EL AUTOR (A)

f. 

López Borbor Gissel Magaly

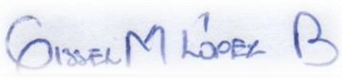
AUTORIZACIÓN

Yo, **López Borbor Gissel Magaly**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **“MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 10 del mes de julio del año 2025.

LA AUTORA:

f. 


López Borbor Gissel Magaly

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR**”, elaborado por la Srta. **LÓPEZ BORBOR GISSEL MAGALY**, egresada 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, la presente tesis, se encuentra con un 3% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

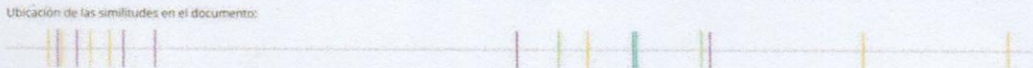
 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

3%
Textos sospechosos

- 1% Similitudes
- 1% similitudes entre oraciones
- 0% entre las fuentes mencionadas
- 2% Idiomas no reconocidos
- 10% Textos potencialmente generados por la IA (Ignorado)

Nombre del documento: "MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR".docx ID del documento: 075d09fcfedec76c393aa019da7f652c89c811f Tamaño del documento original: 14.16 MB Autor: GISSEL LÓPEZ BORBOR	Depositante: GISSEL LÓPEZ BORBOR Fecha de depósito: 5/7/2025 Tipo de carga: url_submission fecha de fin de análisis: 5/7/2025	Número de palabras: 26.366 Número de caracteres: 171.960
--	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



FIRMA DEL TUTOR



f. Ing. Buenano Buenano Edison Noe, MSc.
C.C.: 1804570636

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificado de gramática

Santa Elena, 04 de julio del 2025

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magíster en Educación Básica, con registro de la SENEKYT N° 1023-2024-2904505 por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado **“MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR”** elaborado por la estudiante **GISSEL MAGALY LÓPEZ BORBOR** en su opción al título de **INGENIERA INDUSTRIAL** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría iniciar expresando mi gratitud a Dios principalmente, por la oportunidad de vida que me brinda, por su bendición en cada paso y con ello el poder cumplir cada una de mis metas.

Quiero aprovechar esta oportunidad para dejar plasmada en esta página mi eterna gratitud a todos los miembros de mi amada familia, especialmente a mi querida mamá Lilly Borbor, por todo el amor, esfuerzo, paciencia y dedicación que ha puesto en cuidarme pese a todas las dificultades.

A todos mis profesores en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por compartirme sus conocimientos y contribuir a mi formación académica. Al Ing. Edison Buenaño Buenaño por su invaluable acompañamiento y orientación en el transcurso de este proceso investigativo.

Y un especial y destacado agradecimiento al Ingeniero Juan Carlos Muyulema Allaica, cuya generosidad intelectual y contribución desinteresada han sido fundamentales para el desarrollo y calidad de este trabajo, por ello siempre lo recordare con especial gratitud y admiración.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que en pequeña o gran medida me brindaron su apoyo en el transitar de esta etapa de mi vida.

Gissel López


DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada familia, ustedes son lo más preciado de mi vida, son mis ganas de superarme y crecer profesionalmente, nadie mejor que ustedes saben lo complicado y difícil que en ocasiones se tornó, pero justo en esos momentos fue cuando más contención y paciencia me brindaron, me apoyaron y creyeron en mí, por tanto y más les estaré eternamente agradecida.

Esta dedicatoria es una pequeña muestra de todo lo que significan para mí, con profundo amor y gratitud este logro es para ustedes.

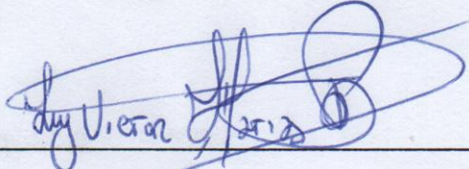
Gissel López

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 


ING. ISABEL BALÓN RAMOS, MSc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

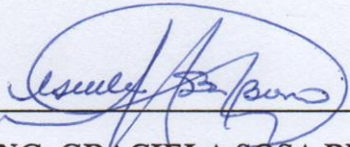
ING. VICTOR MATIAS PILLASAGUA, Mgtr.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, MSc.

DOCENTE TUTOR

f. 

ING. GRACIELA SOSA BUENO, PhD.

DOCENTE DE UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA.....	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1. Antecedentes investigativos.....	8
1.2. Estado del arte.....	10
1.2.1 <i>Definiciones para la búsqueda</i>	11
1.2.2 <i>Ejecución de la búsqueda</i>	17
1.2.3 <i>Discusión de los Resultados</i>	24
1.3. Delineación del protocolo.....	32
1.4. Marco conceptual.....	34
1.2.4 <i>Cadena de suministro verde</i>	34
1.2.5 <i>Sostenibilidad</i>	34
1.2.6 <i>Aplicación en la cadena de suministro verde</i>	34
1.2.7 <i>Tipos de modelo</i>	35
1.2.8 <i>Logística inversa y circuito cerrado</i>	36

1.2.9	<i>Indicadores de desempeño sostenible</i>	36
CAPÍTULO II		37
MARCO METODOLÓGICO.....		37
2.1.	Enfoque de investigación.....	37
2.2.	Diseño de investigación	38
2.3.	Protocolo de investigación.....	39
2.3.1.	<i>Protocolo de recolección de datos</i>	39
2.3.2.	<i>Protocolo para la modelación basada en agentes</i>	39
2.4.	Población y muestra.....	41
2.4.1.	<i>Población</i>	41
2.4.2.	<i>Muestra</i>	45
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	46
2.5.1.	<i>Métodos de recolección de los datos</i>	46
2.5.2.	<i>Técnicas de recolección de los datos</i>	46
2.5.3.	<i>Instrumentos de recolección de los datos</i>	46
2.6.	Variables del estudio.....	48
2.6.1.	<i>Operacionalización de las variables</i>	49
2.7.	Procedimiento para la recolección de los datos	50
CAPÍTULO III.....		52
MARCO DE RESULTADOS		52
3.1.	Diseño de los instrumentos	52
3.1.1.	<i>Diseño de los instrumentos para datos Cuantitativos</i>	52
3.1.2.	<i>Diseño de los instrumentos Cualitativos</i>	52
3.2.	Validación del instrumento de recolección de datos.....	53
3.2.1.	<i>Etapa 1: Validez del contenido</i>	53
3.2.2.	<i>Etapa 2: Validez del constructo</i>	54
3.2.3.	<i>Etapa 3: Fiabilidad</i>	56
3.2.4.	<i>Etapa 4: Estabilidad</i>	58
3.3.	Resultados de las técnicas aplicadas	61
3.3.1.	<i>Diagnóstico del sistema productivo del limón</i>	65
3.4.	Propuesta de optimización para el sistema productivo del limón.....	66
3.4.1.	<i>Optimización del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal</i>	68

3.4.2. <i>Análisis comparativo de la optimización</i>	74
3.4.3. <i>Modelación del sistema basada en agentes</i>	76
3.5. Presupuesto	100
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de búsqueda.....	12
Tabla 2. Definición de preguntas de investigación.....	12
Tabla 3. Descriptores de búsqueda	14
Tabla 4. Criterios de inclusión.....	15
Tabla 5. Criterios de exclusión	15
Tabla 6. Criterios de evaluación de calidad.....	16
Tabla 7. Selección de trabajos primarios por fuentes de información.....	17
Tabla 8. Palabras clave con mayor ocurrencia	19
Tabla 9. Países con mayor número de publicaciones	21
Tabla 10. Aplicación de la cadena de suministro	35
Tabla 11. Indicadores de desempeño sostenible identificados para el caso de estudio ..	36
Tabla 12. Etapas y pasos del protocolo KIA.....	40
Tabla 13. Distribución por sectores de la población productores de limón.....	43
Tabla 14. Estratificación poblacional de los productores de limón.....	44
Tabla 15. Criterios estadísticos por conveniencia.....	45
Tabla 16. Criterios de inclusión (para juicio por expertos)	48
Tabla 17. Criterios de exclusión (para juicio por expertos).....	48
Tabla 18. Operacionalización de variables (independiente y dependiente).....	49
Tabla 19. Procedimiento para la recolección de datos.....	51
Tabla 20. Validación del contenido por juicio de expertos	54
Tabla 21. Matriz de correlación ítems - total con el método de Pearson.....	55
Tabla 22. Escala de valoración del coeficiente de Pearson (r_{xy}).	56
Tabla 23. Datos para el cálculo del coeficiente de Cronbach (α).	57
Tabla 24. Escala de valoración del coeficiente de Cronbach (α).....	57
Tabla 25. Datos para el cálculo de coeficiente Kappa de Fleiss.	59
Tabla 26. Escala de valoración del coeficiente de Kappa de Fleiss.	60
Tabla 27. Distribución de frecuencias de las respuestas.....	64
Tabla 28. Costo monetario por unidad.....	67
Tabla 29. Costo monetario por unidad transportada hasta los nodos de destino.	68
Tabla 30. Resultados emitidos por el software Lingo 19.0	71
Tabla 31. Cantidad de producto óptima a transportar desde l origen hasta transbordo ..	73

Tabla 32. Cantidad de producto óptima a transportar desde transbordo hasta destino...	74
Tabla 33. Agentes constituyentes del sistema.....	79
Tabla 34. Categorización de indicadores claves por dimensión.....	81
Tabla 35. Tipología de indicadores por sus niveles de referencia.....	82
Tabla 36. Normalización de indicadores por escala	84
Tabla 37. Asignación de pesos a cada indicador.....	85
Tabla 38. Recursos considerados en el presupuesto.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del Mapeo Sistemático de Literatura	11
Figura 2. Visualización en VOSviewer del mapeo de coocurrencia	20
Figura 3. Documentos por Países	22
Figura 4. Visualización en VOSviewer del mapeo de coautoría	23
Figura 5. Gráfico de líneas referente a la cantidad de artículos publicados	25
Figura 6. Gráfico de columnas apiladas de países respecto a citas.....	26
Figura 7. Gráfico de columnas combinadas sobre los métodos de solución.	27
Figura 8. Gráfico de columnas combinadas sobre porcentajes y frecuencias.....	28
Figura 9. Gráfico de barras sobre porcentajes y frecuencias de los métodos	29
Figura 10. Gráfico de columnas combinadas sobre porcentajes y frecuencias.....	30
Figura 11. Gráfico de barras combinadas de los métodos de recolección trabajados	31
Figura 12. Protocolo de recolección de datos	33
Figura 13. Protocolo de recolección de datos para la modelización de la GSC	39
Figura 14. Espacio territorial donde se desenvuelve la población productores.....	42
Figura 15. Zona circundante de la comuna Sinchal estratificada	43
Figura 16. Etapas para la Validación del Instrumento.....	47
Figura 17. Modelo actual del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal.	67
Figura 18. Formulación del modelo de programación lineal en el software Lingo 19... 71	
Figura 19. Optimización del sistema de producción de limón de la comuna Sinchal	75
Figura 20. Proceso modelizador basado en agentes del sistema con sostenibilidad.....	76
Figura 21. Modelo conceptual	78
Figura 22. Modelo analítico.....	79
Figura 23. Modelo computacional	89
Figura 24. Simulación Basada en Agentes. (Software Vensim en su versión 10.3.2)... 91	
Figura 25. Interacción de los agentes claves. Vensim	92
Figura 26. Simulación del flujo de datos	92
Figura 27. Horizonte de simulación.....	93
Figura 28. relación de cooperación entre agentes.....	95
Figura 29. Producción intensiva de limón proyectada a 25 años.....	96
Figura 30. Producción intensiva de limón proyectada a	96
Figura 31. Producción verde de limón proyectada a 25 años.	97

Figura 32. Representación gráfica del primer año en escenario pesimista	98
Figura 33. Representación gráfica del último año en escenario pesimista	98
Figura 34. Representación gráfica del primer año en escenario optimista	99
Figura 35. Representación gráfica del último año en escenario optimista	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Guía de observación.....	116
Anexo B: Cuestionario de preguntas estructuradas para la recolección de datos.....	117
Anexo C: Formato para la validación del instrumento.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

SC = Supply Chain (Cadena de suministros)

GSC = Green Supply Chain (Cadena de suministro verde)

MBA = Modelo Basado en Agente

VD: Variable Dependiente

VI: Variable Dependiente

CI = Criterios de inclusión

CE= Criterios de Exclusión

A = Ambiental

S = Social

E = Económico

PIL = Producción intensiva de limón

PVL = Producción verde de limón

MSL = Mapeo sistemático de literatura

KIA = Keep it adequate (Mantenerlo adecuado)

ODS = Objetivos de Desarrollo Sostenible

TIR = Tasa interna de retorno

VAN = Valor actual neto

PRI = Periodo de recuperación

INEC = Instituto Nacional de Estadística y Censos

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

LOOTUGS = Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

MAG = ministerio de agricultura y ganadería

“MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR”

Autor: López Borbor Gissel Magaly

Tutor: Buenaño Buenaño Edison Noe

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo modelar la cadena de suministro verde en la producción de limón (*Citrus limon*) en la comuna Sinchal, cantón Santa Elena, Ecuador, mediante un enfoque metodológico mixto que integró métodos cuantitativos y cualitativos para lograr un análisis integral y riguroso. La muestra inicial estuvo conformada por 85 individuos distribuidos en 10 estratos, de los cuales se seleccionaron 31 participantes conforme a criterios estadísticos por conveniencia, condicionados por la disponibilidad, el interés y el nivel de información de los sujetos. Las técnicas de recolección de datos combinadas incluyeron observación directa y análisis documental para los datos cualitativos, junto con pruebas objetivas y encuestas para los datos cuantitativos, aplicadas siguiendo un protocolo estructurado que garantizó la validez y robustez de la información. A partir de este marco, se pudo optimizar rutas de transporte y cantidades movilizadas, con un costo mínimo alcanzado de USD 17.200 tras 11 iteraciones. No obstante, se identificó que la optimización por sí sola no mitiga plenamente los impactos ambientales asociados al uso intensivo de recursos naturales, evidenciando la necesidad de incorporar dimensiones sociales y ambientales para una sostenibilidad integral bajo un modelo basado en agentes (MBA). El índice de sostenibilidad calculado reflejó avances limitados, resaltando oportunidades para mejorar la reducción de fertilizantes sintéticos, la capacitación de productores y el acceso a mercados, aspectos clave para la competitividad y el bienestar social regional. El análisis de sensibilidad mediante escenarios pesimistas y optimistas, que consideró variaciones en indicadores ambientales, sociales y económicos, validó la viabilidad y robustez del modelo. En términos económicos, la recuperación de la inversión estimada en USD 4.032,19 se proyecta en 0,69 años, lo que respalda la factibilidad técnica y económica del modelo.

Palabras claves: *(despertar ecológico, deterioro ambiental, sectores productivos, sostenibilidad ambiental).*

“MODELING OF THE GREEN SUPPLY CHAIN IN THE PRODUCTION OF LEMON (CITRUS LIMON) SINCHAL COMMUNE, SANTA ELENA CANTON - ECUADOR”

Author: López Borbor Gissel Magaly

Tutor: Buenaño Buenaño Edison Noe

ABSTRACT

This study aimed to model the green supply chain in lemon (*Citrus limon*) production in the Sinchal community, Santa Elena canton, Ecuador, using a mixed-methods approach that integrated quantitative and qualitative methods to achieve a comprehensive and rigorous analysis. The initial sample consisted of 85 individuals distributed across 10 strata, from which 31 participants were selected based on convenience statistical criteria conditioned by availability, interest, and information level. The data collection techniques combined direct observation and documentary analysis for qualitative data, alongside objective tests and surveys for quantitative data, applied according to a structured protocol that ensured the validity and robustness of the information. Within this framework, transportation routes and mobilized quantities were optimized, achieving a minimum cost of USD 17,200 after 11 iterations. However, it was identified that optimization alone does not fully mitigate the environmental impacts associated with intensive natural resource use, highlighting the need to incorporate social and environmental dimensions for comprehensive sustainability under an agent-based model (ABM). The calculated sustainability index showed limited progress, emphasizing opportunities to improve synthetic fertilizer reduction, producer training, and market access—key aspects for regional competitiveness and social welfare. Sensitivity analysis, considering pessimistic and optimistic scenarios with variations in environmental, social, and economic indicators, validated the model’s viability and robustness. Economically, the estimated investment recovery of USD 4,032.19 is projected within 0.69 years, supporting the model’s technical and economic feasibility.

Keywords: *(ecological awakening, environmental deterioration, productive sectors, environmental sustainability).*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la cadena de suministros (SC, por sus siglas en inglés) comprende tres etapas fundamentales, el aprovisionamiento, operaciones internas y distribución, sobre las cuales impera el dinamismo e involucra un constante flujo de productos, información y recursos económicos, priorizando satisfacer los requerimientos del destinatario final y en el camino obtener beneficios económicos para sí (Jasrotia et al., 2024). Es un hecho sabido que, en las últimas décadas a causa de las intensas preocupaciones ambientales, los sectores productivos se han visto en la necesidad de transformar sus procesos, de manera que resulten inofensivos con el medio ambiente, incitándolos a incorporar componentes verdes a sus SC clásicas (Taghavi et al., 2021); esto motivo el surgimiento del concepto de cadena de suministros verdes (GSC, por sus siglas en inglés), el cual es entendido en su naturaleza como una ampliación de la SC tradicional, cuyo enfoque primordial es mitigar el impacto de las repercusiones ambientales negativas generadas por las SC, a través de la incorporación de prácticas que promuevan la salud ambiental en las todas las etapas de la cadena (Liu et al., 2024). Apoyados en la información antes expuesta autores como Gad El Mola, (2023) en miras de adoptar una GSC funcional en su investigación sobre la generación energía, establecieron una guía metodológica a través de un QFD difuso. En consecuencia, se determinó que al día de hoy es escasa la literatura existente en cuanto a relación GSC – producción de limón, por tanto, es necesario generar información que contribuya al desarrollo de futuras investigaciones y de esta forma sumar al robustecimiento de estas temáticas.

En cuanto a la producción de cítricos en escenarios globales del total del ciclo comercial comprendido desde el año 2021 al 2022, el equivalente al 10% fue ocupado por el limón (Özbek et al., 2023). En ese contexto, investigadores como Shim et al., (2020), apuntaron sus estudios hacia las hojas, uno de los componentes vegetativos del limón, de las cuales fue extraído a base de tratamientos un concentrado alcohólico con propiedades inhibidoras de oxidación y desinflamatorias, siguiendo los pasos de la metodología experimental. Con lo expuesto se confirma la existencia de literatura en torno al limón, sin embargo, dicha investigación estuvo direccionada hacia el aprovechamiento de las partes vegetativas, y no contemplan como tal la producción de limón.

Tras una revisión exhaustiva de literatura referente las variables de interés (cadena de suministros verde y producción de limón) es permitido inferir que, a la fecha de realizado este trabajo investigativo, no existen estudios que combinen en una misma investigación ambas variables, evidenciando con ello el vacío de conocimiento existente.

Llegado a este punto es necesario esclarecer la ubicación de la población “productores de limón”. Para ello, fue necesario abarcar el contexto territorial que envuelve a la población. En ese sentido se esclarece que en el noroeste de América del sur está situado Ecuador, un país con una superficie territorial de 283,561 km², mismo que está compuesto por 24 provincias, las cuales están dispuestas en 3 regiones, Costa, Sierra, Oriente y la región Insular. En la región Costa está situada la provincia de Santa Elena con extensión territorial de 3.762,8 km², la provincia en mención está ubicada en la costa del pacifico, y está dispuesta en 3 cantones siendo estos Salinas con 68,7 km², La Libertad con 25,3 km² y Santa Elena con 3.665 km². El cantón Santa Elena está constituido por 1 parroquia urbana, 6 parroquias rurales; siendo Ballenita la parroquia urbana y Ancón, Manglaralto, Colonche, Chanduy, Simón Bolívar y Atahualpa las parroquias rurales. La parroquia Manglaralto posee una superficie territorial de 497,4 km² y está conformada por 17 comunas, entre las cuales consta la comuna Sinchal con una superficie geográfica de 237,50, sector en donde se llevó a efecto esta investigación, caracterizado principalmente por poseer suelos fértiles idóneos para la actividad agrícola.

Bajo esta premisa, se argumenta que en lo concerniente al suelo rural de producción, que de acuerdo a la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS) es aquel previsto para operaciones agroproductivas, ganaderas, acuícolas, forestales, de aprovechamiento turístico y respetuosas del ambiente, en el cual se restringe la construcción y el fraccionamiento; en ese sentido el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en los últimos tabulados oficiales datados en el año 2023, expuso que a nivel país (Ecuador), en lo que respecta a la superficie territorial ocupada para la producción de limón fue de 6,368 Ha, siendo que el total del territorio nacional es de 283,561 km². De la misma forma, el INEC, en los últimos datos proporcionados en el año 2023, revelo que a nivel provincia (Santa Elena), la cantidad de superficie plantada con limón, fue de 92 Ha, considerando que la extensión territorial provincial es de 3.762,8 km². En lo concerniente a la escala parroquial (Manglaralto) la información disponible refleja que 497,4 km² están destinados para la agricultura (Drouet-Candel et al., 2021a),

teniendo en cuenta que su superficie geográfica corresponde a 426 km^2 . Llegado a este punto es necesario señalar que este trabajo investigativo fue desarrollado específicamente en la comuna Sinchal, por lo cual fue meritorio plasmar brevemente información referente al territorio y demografía del lugar. En términos demográficos la población de la comuna equivale aproximadamente 6100 habitantes, cuyo grado de instrucción es relativamente bajo, lo que reduce las oportunidades laborales, en ese sentido es permitido inferir que toda la población está relacionada en mayor o menor grado con las prácticas agrícolas, corroborando con ello que el sustento económico de las familias del sector en gran medida proviene de la agricultura, especialmente del cultivo de limón, haciendo provecho del suelo del sector, el cual se caracteriza por ser fértil e idóneo para las actividades agrícolas. Sinchal comparte límites con la comuna Barcelona, las comunas Sitio Nuevo y Dos Mangas, la Comuna Valdivia y con la parroquia Colonche; Este, Norte, Oeste y Sur respectivamente. En cuanto al suelo rural de producción, a escala comunal (Sinchal) los datos disponibles refieren que la superficie territorial de la comuna es equivalente a 5,837.50 hectáreas, destinando un total de 800 ha para la agricultura, de las cuales 375 ha de ellas están siendo ocupadas única y exclusivamente para la producción de limón, cifra que en términos de porcentajes es equivalente al 46.87%, razón por la cual se le adjudica el título de capital limonera del cantón Santa Elena.

En ese sentido la presente investigación surge con el propósito de integrar la cadena de suministro verde en la producción de limón (Citrus limón) en la comuna Sinchal, cantón Santa Elena, Ecuador. Los argumentos que sustentan este estudio se basan en la necesidad de promover prácticas sostenibles en la agricultura local, específicamente en el cultivo de limón, que es un producto de alta relevancia económica para el sector.

Planteamiento del Problema:

Saetta & Caldarelli, (2020) basándose en el concepto verde definen a la GSC como, el desarrollar procesos de manufactura que incorporen en todas sus etapas el atributo verde, que los lleve a ser ecológicamente correctos, en respuesta a las necesidades y exigencias del sector industrial. Con entendimiento de este concepto autores como Chaudhuri et al., (2024), direccionaron sus estudios a la GSC, adoptándola como una estrategia para la implementación de operaciones con conciencia ambiental, en donde los hallazgos fueron verificados con el modelado de ecuaciones estructurales (SEM) en conjunto con los métodos del mínimo cuadrado (PLS). No obstante, son muy pocas las

investigaciones que relacionan a la GSC directamente con la producción, por tanto, esa es una laguna de conocimiento parcial, que debe ser fortalecida.

De acuerdo con Sreenivasan & Suresh, (2024) la integración de prácticas sostenibles en las cadenas de suministro agrícola se ha convertido progresivamente en un factor necesario, lo que denota su poca existencia en la cadena. Esta deficiencia conduce a una gestión ineficiente de los recursos naturales, lo que genera consecuencias ambientales negativas, como la degradación del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero (El jaouhari et al., 2024). Además, la ausencia de sostenibilidad en los procesos productivos afecta directamente la competitividad de los agricultores en mercados que en mayor medida priorizan verde (Wang et al., 2022).

En lo que respecta a los cítricos, enseguida de las mandarinas y naranjas, a escala mundial el limón es el fruto que más se produce; posterior al aprovechamiento de las partes consumibles, los residuos son descartados y la eliminación de estos se vuelve un problema (Castaño et al., 2022). En ese sentido si no se estudia la modelización de la cadena de suministro verde en la producción de limón (*Citrus limon*) en la comuna Sinchal, cantón Santa Elena, Ecuador, se corre el riesgo de perpetuar prácticas agrícolas insostenibles que pueden tener efectos negativos tanto en el medio ambiente como en la economía local. La falta de una gestión eficiente de los recursos, como el agua y la energía, junto con el uso excesivo de insumos químicos, podría llevar al agotamiento de los suelos, la contaminación de fuentes de agua y el aumento de emisiones contaminantes. Además, los pequeños productores locales podrían quedar rezagados ante la creciente demanda de productos más sostenibles en los mercados nacionales e internacionales. La falta de acceso a tecnologías y conocimientos que fomenten prácticas agrícolas responsables dificultaría la competitividad de estos agricultores, limitando su capacidad para adaptarse a las tendencias globales de sostenibilidad.

Ecuador, se enfrenta al desafío de la transición hacia la agro-ecologización, que es crucial para el desarrollo económico y la preservación de los recursos naturales del país (Drouet-Candel et al., 2021). La provincia más joven, Santa Elena, ocupa el puesto número 24 y está formada por tres cantones: Santa Elena, La Libertad y Salinas. Esta provincia se destaca por su actividad agrícola y su potencial de crecimiento, pero también enfrenta retos críticos relacionados con la sostenibilidad, que afectan la competitividad y el bienestar de sus comunidades.

El cantón Santa Elena se destaca por su actividad agrícola, siendo un eslabón clave en la producción de diversos cultivos, a pesar de sus condiciones climáticas áridas. En particular, la comuna Sinchal, ubicada en el cantón Santa Elena, sobresale por la producción de limón y otras actividades agrícolas. Sin embargo, la adopción de prácticas sostenibles sigue siendo un desafío para los pequeños productores locales, quienes enfrentan limitaciones tecnológicas y un manejo inadecuado de los recursos, lo que afecta tanto la productividad como la competitividad en mercados que valoran productos ecológicos.

En la comuna Sinchal, la producción de limón se destaca por ser una de las actividades principales generadoras del sustento económico familiar (Santa Elena, 2012). Pero enfrenta serios problemas como la degradación del suelo, contaminación del agua y aire, como consecuencia del uso de productos químicos, el limitado acceso a prácticas sostenibles y al manejo inapropiado de los recursos del sector agrícola (Muentes et al., 2023). Estas condiciones afectan negativamente a la seguridad alimentaria, en contextos ecuatorianos un aproximado del 23% de familias atraviesan por dicha situación según lo expuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), realidad que es aún más preocupante en los sectores rurales dado que su soporte principal es la actividad agrícola (Guamán & Flores, 2023). Sin la implementación de un enfoque integral que promueva una cadena de suministro verde, los pequeños productores de Sinchal podrían ver afectado su desarrollo económico, con impactos negativos sobre el entorno y el bienestar de la comunidad. La falta de sostenibilidad en la producción pone en riesgo la competitividad de los agricultores en mercados que exigen productos más ecológicos, lo que podría agravar la situación socioeconómica y ambiental de la provincia.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo la modelización de la cadena de suministro verde ayuda a mejorar el sistema productivo del limón (citrus limon) de la comuna Sinchal, cantón Santa Elena – Ecuador?

Alcance de la Investigación:

Fageha & Aibinu, (2013) describen el alcance de una investigación como la forma de establecer un curso de acción en cuanto a si se debe proseguir con el estudio o detenerlo, en donde los límites están bajo control de los grupos de interés. Bajo este

contexto, se expone que la investigación estuvo limitada a un marco temporal de 3 meses, lapso de tiempo en que se llevó a cabo el estudio, geográficamente estuvo limitada a la comuna Sinchal zona rural, del norte de la provincia de Santa Elena.

Siendo así se declara que el presente trabajo investigativo se centró en incorporar el concepto verde a la cadena de suministro actual de la producción de limón en la comuna Sinchal, a través de una metodología científica rigurosa con la que se buscó alcanzar una comprensión profunda de las variables en estudio, involucrando en ello un modelado que admitió la simulación del dinamismo de los actores claves (productores, proveedores y detallistas) de la cadena de suministro de producción de limón, buscando con ello contribuir a la sostenibilidad ambiental, social y económica de la comuna, a través de una producción agrícola amigable con el medio ambiente.

Justificación de la investigación:

Este trabajo de investigación se justifica en la necesidad imperante de abordar los desafíos ambientales en la producción de limón en la comuna Sinchal, Santa Elena. Según Ahmadini et al., (2021), la barrera del conocimiento representa una limitante significativa en el ámbito de la investigación. En este contexto, es crucial realizar una búsqueda exhaustiva, especialmente en temas de vanguardia donde los antecedentes son escasos.

Esta situación resalta la importancia de llevar a cabo estudios en áreas poco exploradas, como la modelización de GSC. Al abordar estos temas, se contribuye al enriquecimiento de la base teórica existente, lo que, a su vez, representa un valioso aporte al conocimiento de futuras generaciones de profesionales. La investigación en dimensiones innovadoras, como la GSC, no solo fortalece las fuentes de información, sino que también promueve prácticas sostenibles y responsables en la agricultura, esenciales para el desarrollo económico y ambiental de regiones como Santa Elena.

La trascendencia de esta investigación empieza desde que está cimentada en bases metodológicas confiables, las cuales generan conocimientos veraces referentes a la modelización de una SC con concepto verde, lo que convierte a este estudio en un referente fiable, el estudio es capaz de degenerar efectos más allá del ahora dado a que los descubrimientos logrados en este trabajo al ser innovadores incitará a futuras generaciones de profesionales a adaptar en sus contextos investigativos clásicos los hallazgos resultantes de esta investigación.

La originalidad de esta investigación radica en el abordaje de conceptos emergentes en concordancia con las nuevas tendencias de la industria, los cuales contribuyen al esclarecimiento de lagunas de conocimiento, aunado a que el fenómeno seleccionado para el estudio es un área poco explorada lo que conduce a conocimientos nuevos innovadores.

Lo que hace a esta investigación viable es que se apoya en la disponibilidad de recursos para acceder a bases de datos digitales que contengan antecedentes teóricos que respalden la realización de este estudio, además de contar con un periodo de tiempo adecuado para el desarrollo del mismo.

En una investigación son inherentes los beneficiarios directos e indirectos, con estas consideraciones se puede citar, al sector que servirá de inspiración para la realización de este estudio, y a quien se le atribuye la autoría de esta investigación, esto en lo que respecta a la primera consideración. Por otra parte, en lo que se refiere a la segunda consideración se admitido mencionar a organizaciones y estudiantes que busquen información sobre los mismos temas o similares a los abordados en este contenido.

Objetivos:

Objetivos General

Modelar la cadena de suministro verde, tomando como base la producción de limón (citrus limon), para el caso de estudio situado en la comuna Sinchal, cantón Santa Elena – Ecuador.

Objetivos Específicos

Establecer un estado del arte a través de un mapeo sistemático de literatura para la comprensión de las variables de estudio.

Estructurar un marco metodológico mediante métodos y técnicas de investigación para generar un modelo de producción sostenible.

Realizar el modelado de la cadena de suministro verde, integrando los factores claves de la producción de limón en la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

El elevado despertar ecológico en la sociedad ha ejercido presión en las organizaciones, lo que ha dado pie al surgimiento de las SC con mínimo daño ambiental (Apeji & Sunmola, 2020). Bajo estos antecedentes el trabajo de Meager et al., (2020) se centra en identificar los obstáculos con los que se encuentran la industria alimentaria, demostrando que pese a esto es significativo el interés por incorporar una SC de escasa degradación ambiental, a través de la metodología cualitativa. Múltiples académicos se han sumado al reto de abrir líneas de estudio en las que se incorpore el concepto verde con las distintas dimensiones de la investigación, pese a eso la producción es un área que queda por explorar.

Vargas et al., (2020) en su investigación reafirman que como resultado de las exigencias del medio la producción citrícola se ha elevado gradualmente año con año, llegando a establecerse en un producto cuya presencia global es significativa, captando el interés de la industria no solo por los beneficios que genera en términos monetarios sino además por los aportes nutricionales en animales y personas. Por ello expertos como Mahato et al., (2020) volcaron sus estudios hacia los cítricos, productos que sobrepasan los 124,3 millones en producción por año, concentrándose particularmente en el limón ya que en su cascara está presente el limoneno, sustancia a partir de la cual, según su investigación, en la que aplicaron una revisión de literatura, manifiestan que es posible obtener polímeros termostáticos.

La GSC es una dimensión que desde su aparición ha ido creciendo progresivamente hasta convertirse para las empresas en una estrategia que incluye prácticas ecológicas que las lleven a alcanzar el desarrollo sostenible (Qin et al., 2021). Sumando a este crecimiento en el trabajo de investigación de Becerra et al., (2021) en lo referente al control de inventario en la GSC, fueron revisadas las técnicas cuantitativas que de manera significativa sumen a mitigar el daño ecológico, a través del método sistemático de la literatura. Los estudios que involucran a la GSC con otras áreas han incrementado gradualmente, sin embargo, son pocos los que la conecta con la producción.

De acuerdo a lo reportado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) la cascara de limón es el residuo de mayor producción (Villen et al., 2021). En concordancia con esta información estudiosos del tema como Zhuo et al., (2021) por medio de la técnica experimental optaron por emplear el fermentado de cascara de limón como suplemento en la ingesta de cultivo de peces. Es constatable la existencia de información previa con respecto al limón, a pesar de eso, no se localizaron datos concretos en relación a la producción de limón.

Elevar la sensibilidad ambiental en los usuarios, en el momento del abastecimiento de productos es un tema sobre el cual gobiernos de numerosos países han puesto especial atención, razón que ha impulsado a las organizaciones a incorporar practicas verdes en sus SC (Das et al., 2022). Bajo este contexto en sus indagaciones expertos como (Joshi, 2022) dispusieron establecer un marco fundamentado en los tres aspectos que soportan la sostenibilidad, que permita planificar la migración hacia redes logísticas verdes por medio de la guía metodología de la revisión sistemática de literatura. Los antecedentes en cuanto a la GSC son constatables, muchas de las nuevas investigaciones tocan esta dimensión, sin embargo, en este banco de información no existen redacciones que conecten GSC con producción.

Para el año 2019, según lo expuesto por la FAO la producción a nivel global de limones y limas se elevó a 22.762 kilotonnes, reafirmando que la especie citrus limon del grupo de las rutáceas es un fruto con presencia global significativa debido a su producción y consumo amplio (Chaves et al., 2022). Al ser los cítricos un grupo de elevada importancia mundial, analistas como Cabot et al., (2022) en sus estudios proporcionaron información al día y valiosa para estudiosos del análisis del ciclo de vida de los cítricos, en miras de promover una producción del grupo citrícola con menos daño ambiental, mediante una revisión de literatura. Aun siendo evidente el esfuerzo de varios estudiosos por enriquecer la literatura entorno a los cítricos y en concreto al limón no existen trabajos de investigación que se refieran a la producción del limón en específico.

Es considerable la cantidad de empresas que ultimadamente ha tenido el despertar de conciencia ecológica, en donde uno de sus temas de importancia consiste en reverdecir sus SC tradicionales, esperando con ello sumarse al reto de disminuir los efectos negativos en el ambiente, al mismo tiempo que elevan sus rendimientos (Esfahbodi et al., 2023). En este ámbito especialistas como Abbasi & Ahmadi, (2023) volcaron su

atención a las expulsiones de carbono y estudiaron como incorporar este aspecto en el modelado de una GSC, indagando en las bases literarias previas por medio de una revisión sistemática. En los estudios previos es evidente el interés de los investigadores por establecer una relación entre la GSC y otras áreas de estudio, sin embargo, la producción es un área que no ha sido explorado por tanto no existen antecedentes teóricos.

La producción de cítricos es una actividad que va en ascenso, tal es así que se lograron un aproximado de 158 millones de toneladas de cítricos en el año 2020 a nivel mundial (Alzubi et al., 2023). Dados estos antecedentes expertos como Li et al., (2023) realizaron experimentos en donde se obtuvo biocarbón magnético a partir de los residuos de la cascara de limón, a través de la técnica experimental. Sin embargo, a pesar de la existencia de trabajos desarrollados alrededor de esta variante de los cítricos, la información no relaciona directamente la producción con el limón.

La creciente conciencia ecológica en la sociedad ha llevado a las organizaciones a adoptar cadenas de suministro que minimicen el daño ambiental. Esta investigación resalta la importancia de realizar un mapeo sistemático de la literatura para esclarecer los antecedentes en este ámbito, ya que, a pesar del interés por incorporar prácticas sostenibles, los estudios sobre la producción de limón son limitados. La producción citrícola ha aumentado significativamente a nivel global, y el limón se reconoce como un cultivo valioso tanto por sus beneficios económicos como nutricionales. Sin embargo, hay una notable escasez de investigaciones que conecten la cadena de suministro verde con la producción específica de limón. Un enfoque sistemático permitirá identificar oportunidades y desafíos en la implementación de prácticas sostenibles, facilitando así la planificación y el desarrollo de estrategias efectivas que integren la sostenibilidad en la producción citrícola. Esto no solo contribuirá a enriquecer la base teórica, sino que también promoverá un avance hacia un modelo más sostenible en la industria.

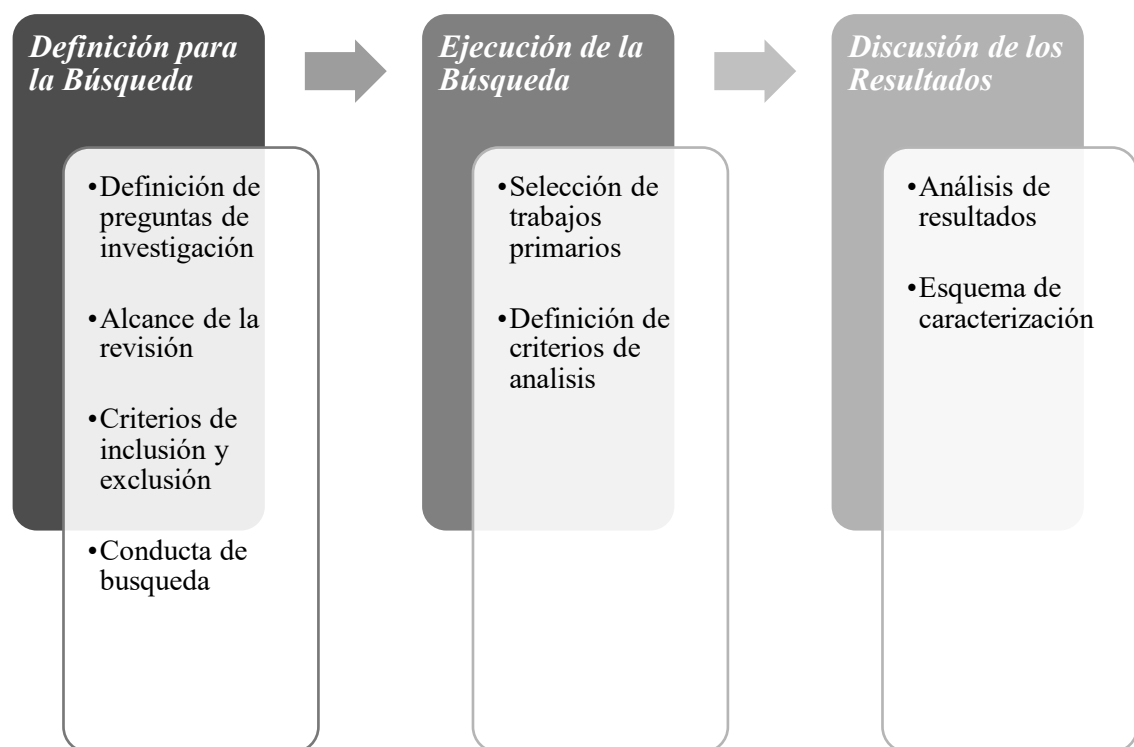
1.2. Estado del arte

El estudio se desarrolló siguiendo la metodología del Mapeo sistemático de literatura (MSL) el cual se centra en abordar investigaciones extensas mediante un proceso lógico y estructurado que se basa en la definición, ejecución y discusión de la información bibliométrica (af Sandeberg et al., 2023).

Subsecuente a una breve conceptualización, se manifiesta que el desarrollo de esta investigación se apoya en el artículo de los autores (Muyulema & Tapias, 2024) “Propuesta de marco para la evaluación de la sostenibilidad organizacional de las PyMEs agroalimentarias”, el cual sigue un enfoque sistemático, mismo adoptado por esta investigación lo que lo hace elegible como guía para la adecuada realización del presente estudio.

El método en cuestión se fracciona en tres fases primordiales. Primera Fase: Definición para la búsqueda, la cual proporciona una clarificación de los aspectos de investigación ayudando a precisar la información. Segunda Fase: Ejecución de la búsqueda ofrece una exploración pormenorizada en bancos de información confiables. Tercera Fase: Discusión de los resultados que de manera crítica examina los datos reunidos, cada una de estas fases tiene implícitas una cantidad de apartados 4, 2 y 2 respectivamente, los cuales en conjunto conforman el proceso metodológico del MSL. La Figura 1 detalla la estructura metodológica de MSL.

Figura 1. Fases del Mapeo Sistemático de Literatura



Nota: Basado en (Muyulema-Allaica & Tapias-Molina, 2024).

1.2.1 Definiciones para la búsqueda

Como parte de la primera Fase del MSL, se estructuró rigurosamente la búsqueda mediante la formulación de preguntas de investigación alineadas con los objetivos del estudio. Se delimitó el alcance temático y temporal de la revisión, estableciendo criterios de inclusión y exclusión claramente definidos. La estrategia de búsqueda se implementó de forma sistemática en bases de datos académicas especializadas, garantizando la validez y reproducibilidad del proceso.

1.2.1.1 Definición de preguntas de investigación

En su investigación Muyulema & Tapias, (2024). exponen que establecer una segregación entre los aspectos conceptuales y operativos hace que el desenvolvimiento de la investigación sea ordenado, y subsecuentemente tanto los objetivos de búsqueda y las preguntas de investigación atiendan los intereses de la investigación. En atención a los aportes del autor, fueron considerados para la formulación de los objetivos de búsqueda los aspectos conceptuales mismos que ayudaron precisar la intención de la investigación. En la Tabla 1 se muestran los objetivos de búsqueda establecidos.

Tabla 1. Objetivos de búsqueda

OB	Objetivo
OB1	Analizar el estrato de involucramiento del colectivo científico en el contexto de las variables de interés por medio de una categorización secuenciada y explícita.
OB2	Establecer la calidad de las publicaciones científicas escogidas por conducto de los parámetros de inclusión y exclusión
OB3	Compilar información referente a conceptos, métodos y propuestas en concordancia con el tópico de interés.

Para la formulación de cada pregunta se consideraron los aspectos operacionales, mismos que son acciones ejecutables, en la Tabla 2 que se muestra a continuación son presentadas las preguntas establecidas de investigación que soportan los objetivos de búsqueda.

Tabla 2. Definición de preguntas de investigación

N°	Preguntas de investigación	OB
P1	¿Cuál es la periodicidad de publicación de los documentos seleccionados?	OB1
P2	¿Qué grado de calidad poseen las publicaciones científicas escogidas?	OB2
P3	¿Cuáles fueron las propuestas de solución?	OB3
P4	¿Qué herramientas metodológicas fueron aplicadas para la recopilación de información?	OB3

1.2.1.2 Alcance de la revisión

En este apartado fueron establecidos los límites que mejor se ajustaron a los intereses de la investigación con respecto a la revisión de los antecedentes literarios, asegurando con ello el hallazgo de trabajos claves que permitan dar respuesta a las preguntas de investigación, a continuación, se muestran las especificaciones consideradas para ese fin.

Objetivo: Detectar las modalidades actuales en la investigación para integrar la cadena de suministro verde en la producción de limón.

Temática: la *cadena de suministro verde*; y la *producción de limón*, considerada desde una perspectiva agrícola.

Temporalidad: Se revisaron artículos publicados durante el periodo comprendido desde el 21 de enero de 2020 al 2 de julio de 2024.

Fuentes de información: Se usaron artículos científicos provenientes de bancos de información científica especializados en investigación como ScienceDirect, Scopus y Scielo.

Términos de búsqueda: Se tuvieron en cuenta temas clave como GSC, SC sostenible, SC ecológica, Producción de limón Producción de cítricos, Producción de agrios y limón.

Tipo de Artículo: En este aspecto fueron considerados tanto, artículos de revisión como artículos de investigación; para sintetizar y validar conceptos ya establecidos, que permitan el acceso a criterios innovadores, respectivamente.

Idioma: Fueron considerados trabajos investigativos en español e inglés para en lo posible acaparar con la mayor información posible, y al mismo tiempo adicionar visiones sectoriales importantes.

Para el hallazgo de documentos relevantes que contengan información sobre las variables de interés fue requerido emplear habilidades de búsqueda avanzada como el método booleano OR, a través del cual fue posible precisar y refinar las búsquedas (Lowe et al., 2020). En la Tabla 3 que su muestra a continuación, se ratifica la inclusión del método en cuestión, en combinación con las palabras claves consideradas en el proceso de búsqueda.

Tabla 3. Descriptores de búsqueda

Fuente de información	Descriptores
ScienceDirect	<p>Find articles with these terms:</p> <p>Para la búsqueda de la variable cadena de suministro verde se empleó los siguientes términos: “supply chains” OR “green supply chain” OR “green supply chain management” OR “sustainable supply chain” OR “ecologic supply chain” OR “sustainability” OR “green logistic networks”.</p> <p>Para la búsqueda de la variable producción de limón se usó las siguientes expresiones: “lemon production” OR “citrus production” OR “citrus fruit” OR “agri-food industry” OR “agroindustry” OR “agricultural production”.</p> <p>Refine by:</p> <p>Years: 01 de enero de 2020 al 31 de agosto de 2024.</p> <p>Article type: Review articles & Research articles</p> <p>Access type: Open Access & Open archive.</p>
	<p>Search documents:</p> <p>Para la búsqueda de la variable cadena de suministro verde se empleó los siguientes términos: “supply chains” OR “green supply chain” OR “green supply chain management” OR “sustainable supply chain” OR “ecologic supply chain” OR “sustainability” OR “green logistic networks”.</p> <p>Para la búsqueda de la variable producción de limón se usó las siguientes expresiones: “lemon production” OR “citrus production” OR “citrus fruit” OR “agri-food industry” OR “agroindustry” OR “agricultural production”.</p> <p>Refine search:</p> <p>Year: 01 de enero de 2020 al 31 de agosto de 2024.</p> <p>Document type: Article</p> <p>Open access: All open access</p>
Scopus	

1.2.1.3 Criterios de Inclusión y exclusión

La selección adecuada de información de carácter secundaria radica en establecer los criterios de exclusión e inclusión. Para esta investigación, el contenido de los artículos jugo un papel crucial a la hora de formular los criterios de inclusión (CI). Los criterios de inclusión se formularon adoptando condiciones, que permitieron filtrar los artículos, basándose en el argumento que proporcionaron sobre las variables y zona de estudio, mas no por los metadatos del documento. En la Tabla 4 que prosigue se muestran los criterios de inclusión formulados con las especificaciones citadas anticipadamente.

Tabla 4. Criterios de inclusión

Nº	Criterios de Inclusión
CI1	Se consideraron artículos científicos que conceptualicen las variables de estudio.
CI2	Se admitieron artículos científicos que establezcan una conexión entre las variables de interés.
CI3	Se incluyeron artículos científicos que presenten datos contextuales significativos sobre la zona de estudio.

La formulación de los criterios de exclusión (CE), se fundamenta en la combinación de los argumentos sobre las variables y los metadatos del artículo. En la tabla 5 se pone a disposición las especificidades que se tomaron en cuenta para establecer los criterios que ayudaran a refinar la búsqueda. De esta forma con las Tabla 5 muestra los criterios de exclusión contruidos con las especificidades que se estimó apropiadas.

Tabla 5. Criterios de exclusión

Nº	Criterios de Exclusión
CE1	Se desestimaron artículos científicos que no sean del tipo investigación.
CE2	Se descartaron artículos científicos procedentes de plataformas no especializadas en investigación
CE3	Se rechazaron artículos científicos que no refieran un identificador de objeto digital (DOI) que admita el acceso al artículo.
CE4	Se desatendieron artículos científicos que citan solo un término del total que componen las variables de estudio.
CE5	Se ignoraron artículos científicos que no proporcionen información sobre el

sector designado para el estudio.

CE6	Se excluyeron artículos científicos publicados en fechas previas a 01 de enero de 2020 y posteriores al 31 de agosto de 2024.
------------	---

1.2.1.4 Conducta de búsqueda

Para el desarrollo de este apartado la investigación se apoyó en el trabajo de Muyulema & Tapias, (2024). del cual fueron tomados como referencia los criterios de evaluación. Este proceso amerita una revisión pormenorizada de los artículos, en la Tabla 6 se detallan los ocho criterios formulados para evaluar la calidad de los documentos, se especifica además que cada criterio fue puntuado en una escala de -1 a +1, logrando una puntuación de -8 a +8 por artículo. Pese a que el objetivo es garantizar la calidad del contenido de los trabajos, estos no serán desestimados inmediatamente dado a que a posteriori serán refinados en otras etapas de la investigación.

Tabla 6. Criterios de evaluación de calidad

N°	Criterios de evaluación	Calificación		
		1	0	-1
1	El documento trata de forma inteligible y detallada la modelización de la GSC en la producción agrícola.	Si	Medianamente	No
2	El documento expone de manera concisa la problemática de la investigación respecto a la modelización de la GSC en el sector agrícola.	Si	Medianamente	No
3	El documento se desarrolla bajo un proceso de investigación sólidamente argumentada y organizada, que admite evaluar la modelización de la GSC.	Si	Medianamente	No
4	El documento proporciona una conceptualización clara e integral sobre la SC con concepto verde.	Si	Medianamente	No
5	El documento presenta herramientas o metodologías de considerable significancia para evaluar y mejorar la modelización de una GSC.	Si	Medianamente	No
6	El documento evidencia prácticas de producción agrícola capaces de generar impactos negativos en el medio ambiente.	Si	Medianamente	No
7	El documento expone los beneficios de la modelización de una SC con enfoque verde en la producción agrícola.	Si	Medianamente	No

8 El documento ha sido referenciado por otros autores, lo que implica que su contenido es considerado del alto valor. Si Medianamente No

1.2.2 Ejecución de la búsqueda

1.2.2.1 Selección de trabajos primarios

La concreción de la segunda fase, implicó un sondeo en las fuentes especializadas en investigación ScienceDirect (654) y Scopus (537), lo que en suma generó un total de 1191 artículos de intereses para la investigación. Siguiendo las directrices de los criterios de exclusión (CE) y criterio de inclusión (CI), formulados y expuestos en el apartado 1.2.1.3 concretamente en las Tablas 4 y 5, fueron desestimados 109 artículos de investigación por estar fuera del límite establecido para las fechas de publicación, en el cual se estableció el 01 de enero de 2020 como fecha de inicio y 31 de diciembre de 2024 configurada como fecha de corte. De igual manera fueron excluidos 311 estudios por abordar otras áreas de estudio de las variables, lo dejó como resultado un total de 771 artículos, de los cuales fueron desestimadas 343 publicaciones dado a que figuraban como duplicadas, por constar en otras bases especializadas en investigación. Resultando en la selección de 428 artículos al final del refinamiento provenientes de la base de datos Scopus para el análisis. Tal cual se refiere en la Tabla 7 que se muestra a continuación.

Tabla 7. Selección de trabajos primarios por fuentes de información

Fuente de información	Frecuencia	Criterios de exclusión	Diferencia	Porcentaje
ScienceDirect	654	311	343	44%
Scopus	537	109	428	56%
Total	1191	420	771	100%

Basarse en trabajos primarios fiables y alineados al eje investigativo estudiado es inadmisibles, es por ello necesaria una selección restrictiva y refinada de artículos. Basado en esto se optó por la realización de un análisis bibliométrico, el cual fue segregado en dos tipos; por mapeo de coocurrencia y por mapeo de coautoría, y con ello evaluar y determinar la fiabilidad de la información usada en esta investigación.

El mapeo de coocurrencia o red semántica como también es conocida es una técnica bibliométrica que hace referencia a la cantidad de publicaciones en las cuales se manifiesta un término, esto lo vuelve o no una palabra clave, revelando con esto las tendencias investigativas y la relación entre colecciones de artículos (Aladaileh et al., 2024)

El mapeo de coautoría es una técnica bibliométrica que evalúa la dinámica colaborativa de países, organizaciones y autores, sacando a relucir las redes colaborativas existentes y resaltando además los centros investigación y autores más destacados (Muyulema & Tapias, 2024).

La herramienta VOSviewer es un software que facilita la comprensión de información, en donde la data bibliométrica ingresada es presentada en una estructura de redes, que permite la visualización y diferenciación de enlaces y fuerza de enlaces entre grupos de palabras clave (Xiao et al., 2024).

Como fue indicado previamente la evaluación bibliométrica se dividió en dos tipos, empezando con el mapeo de coocurrencia en donde el punto de inicio fue cargar en el software VOSviewer versión 1.6.20 los datos bibliométricos de 428 artículos que previamente fueron extraídos de las bases de datos, la investigación estableció que todas las palabras claves fueran incluidas, condicionándolas a cumplir con un umbral de 5 ocurrencias por termino para ser consideradas en el análisis. Esto resulto en que, de las 2990 palabras claves contenidas en 428 documentos, únicamente 122 se ajustaron al umbral requerido.

Previamente, en la Tabla 3, se presentaron las palabras clave seleccionadas para la búsqueda. Cabe destacar que varias de ellas, según los resultados obtenidos mediante el software VOSviewer, figuran entre las diez con mayor ocurrencia en la literatura analizada. Este hallazgo confirma su relevancia y tendencia entre los investigadores, destacándose los términos *Green supply chain*, *Sustainability*, *Supply chains*, *Agri-food industry*, *Green supply chain management* y *Agroindustry*. La presencia destacada de estos conceptos refleja el creciente interés académico en la sostenibilidad de las cadenas productivas y en la transición hacia modelos agroindustriales ambientalmente responsables.

El contenido presentado en la Tabla 8 complementa la información previamente expuesta y ofrece una descripción detallada de las 10 palabras clave con mayor presencia en los artículos analizados. La tabla muestra, de manera clara y ordenada, datos relacionados con la ocurrencia, grupo temático, número de enlaces y fuerza total de enlace de cada término. Las palabras fueron organizadas en orden descendente de acuerdo a su frecuencia de aparición, lo que permite identificar los conceptos más relevantes y recurrentes en el corpus de literatura revisado.

Tabla 8. Palabras clave con mayor ocurrencia

Nº	Palabra clave	Traducción palabra clave	Grupo	Enlaces	Fuerza total de enlace	Ocurrencia
1	Green supply chain	Cadena de suministro verde	2	114	815	261
2	Supply chain management	Gestión de la cadena de suministro	1	111	697	157
3	Sustainability	Sostenibilidad	1	97	470	138
4	Supply chains	Cadenas de Suministros	2	87	346	83
5	Agri-food industry	Industria agroalimentaria	4	56	133	67
6	Sustainable development	Desarrollo sostenible	3	89	308	63
7	Green supply chain management	Gestión de la cadena de suministro verde	1	75	220	51
8	Food industry	Industria alimentaria	1	38	78	17
9	Agriculture	Agricultura	3	30	61	13
10	Agroindustry	Agroindustria	1	25	55	12

Posterior al procesamiento de la información, logrado a través del software VOSviewer, esta fue dispuesta en un mapa bibliométrico, en donde la información se muestra organizada en 7 grupos, siendo que a cada uno le fue asignado un color único e

Los datos extraídos del software son presentados en la Tabla 9, con el propósito de complementar la información anteriormente descrita y hacer la lectura de los datos más sencilla. La tabla muestra los 10 países con mayor número de publicaciones, de acuerdo a esto fueron organizados de manera descendente, incluyendo datos como; grupo al que pertenece, fuerza de enlace, cantidad de citas y cantidad de documentos publicados por país. Dada esta información se expone que los países mencionados en la tabla juntos totalizan 6.426 citas, cifra notablemente alta, lo que denota que los tópicos vinculados a estos países son considerados de elevada importancia en la comunidad investigativa. En lo concerniente a la cantidad de documentos, en conjunto suman 398, lo que en porcentaje representa el 93% de 428 artículos usados para el análisis de bibliometría, esto indica que de 43 países en 10 se originaron una cifra significativa de publicaciones, siendo más específicos la gran mayoría son procedentes de China, de igual manera en lo referente al número de citas es este mismo país que puntea con una cantidad de 1979, seguido de Reino unido con 917 y la India con 752, siendo estos los 3 países con mayor cantidad de publicaciones.

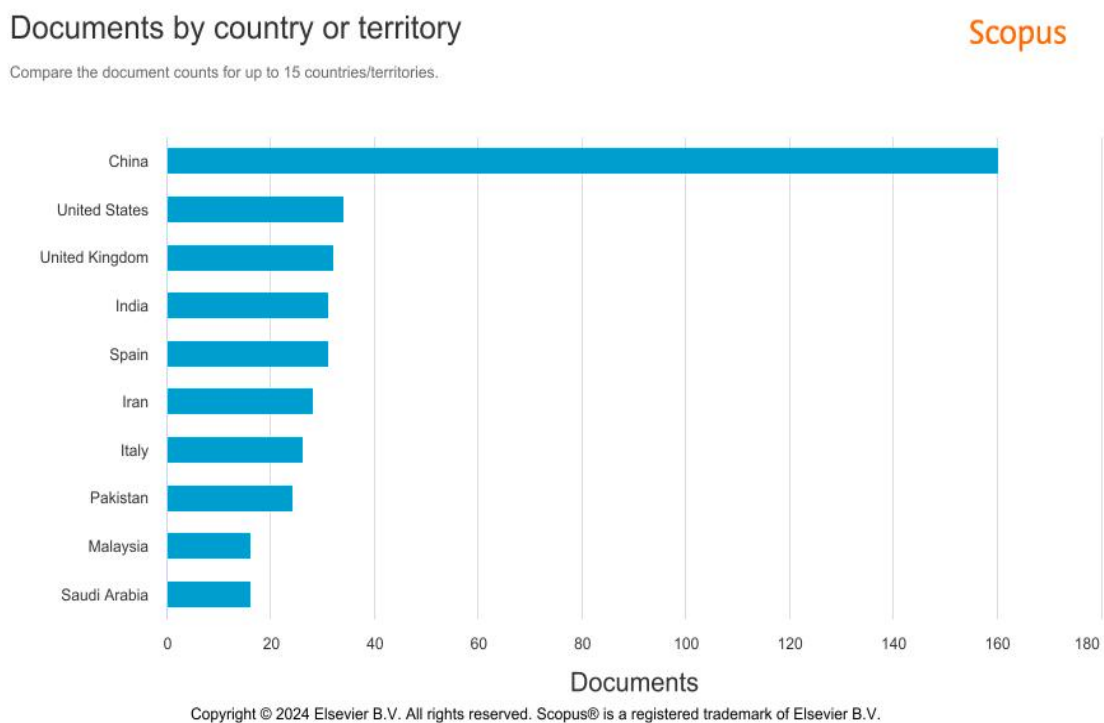
Tabla 9. Países con mayor número de publicaciones

Nº	País	Grupo	Enlaces	Fuerza total de los enlaces	Cantidad de citas	Cantidad de documentos
1	China	3	21	69	1979	160
2	Estados Unidos	10	17	47	491	34
3	Reino Unido	5	25	50	917	32
4	India	4	18	28	752	31
5	España	1	9	14	289	31
6	Irán	5	14	32	590	28
7	Italia	1	11	16	570	26
8	Pakistán	2	17	43	463	24

9	Malasia	2	13	25	121	16
10	Arabia	7	12	23	254	16
	Saudí					

Entre las contribuciones de la base de datos consta un análisis de resultados propio de la plataforma, como se muestra en la Figura 3. Esto permitió contrastar los resultados del software y los del recurso en línea. La comparativa arroja que ambos resultados son equivalentes, esto ratifica la validez del método empleado, a la vez que refuerza la fiabilidad de los resultados arrojados por VOSviewer, dando por hecho con esto el primer apartado de la segunda fase.

Figura 3. Documentos por Países

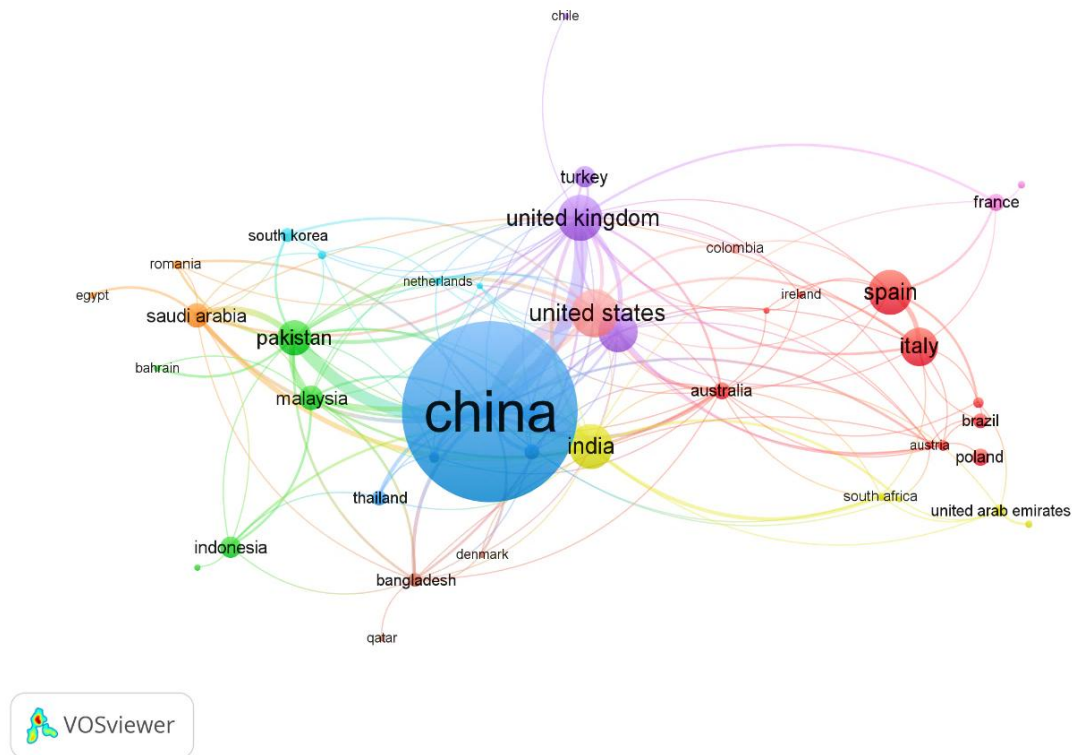


VOSviewer dio lectura y procesamiento a la información cargada, y consecuentemente la presentó en un mapa de redes bibliométricas, tal como se expone en la Figura 4, los datos que allí se muestran están dispuestos en 10 grupos, diferenciados entre sí por los colores rojo, verde, azul, amarillo, morado, turquesa, naranja, café, fucsia y rosado.

Los textos y círculos de mayor tamaño expresan que ese país tiene en su haber más documentos publicados con esa temática, el número de redes que se desprende de un

círculo revelan la cantidad de países con los que se ha colaborado para la creación de artículos científicos y el grosor de la línea indica las veces que dos mismos países o elementos han colaborado.

Figura 4. Visualización en VOSviewer del mapeo de coautoría



1.2.2.2 Definición de criterios de análisis

Una manera de comprender el desempeño de una temática investigativa en concreto es constatar la frecuencia de creación de artículos científicos, no obstante, la cantidad de investigaciones perderá significancia si tales estudios no son citados por otros. El hecho de que un artículo tenga en su haber numerosas citas implica que ha contribuido significativamente en la creación de otros estudios lo que sugiere que su contenido es valorado por otros autores. Con esta premisa es ineludible la realización de un análisis riguroso que permita la comprensión sobre cuál ha sido el aporte de tales artículos en el área de conocimiento manifestada. La definición de criterios de análisis en la metodología del MSL determina los criterios necesarios para evaluar y presentar de forma concisa la información adquirida. La realización de este apartado se apoya en los hallazgos de la primera fase, los cuales se evidencian en la Tabla 2 (Definición de preguntas de investigación) proporcionan una clarificación de la investigación, en la

Tabla 3 (Descriptor de Búsqueda), permiten una búsqueda pormenorizada, Tabla 4 (Criterios de inclusión) formulados para especificar los artículos adecuados para la investigación basado en el argumento acerca de las variables, Tabla 5 (Criterios de Exclusión) desestiman documentos no congruentes con los criterios requeridos los cuales se fundamentan mayormente en los metadatos de los artículos y por último la Tabla 6 (Criterios de Evaluación de la Calidad) aseguran la fiabilidad y valía de los documentos.

1.2.3 Discusión de los Resultados

1.2.3.1 Análisis de resultados

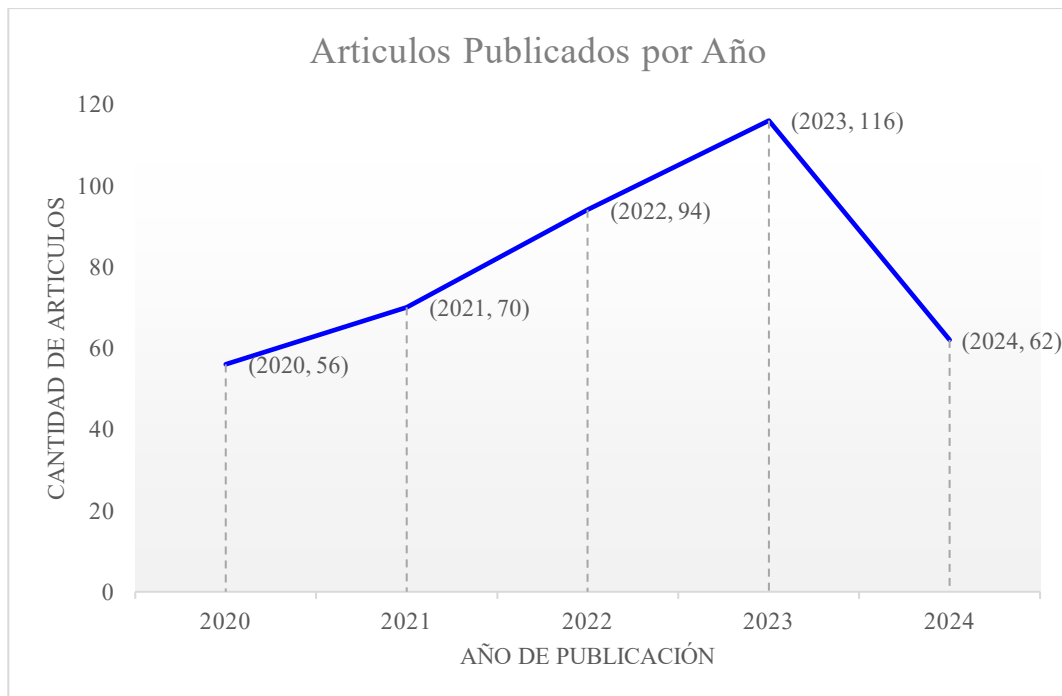
En el primer apartado de la última etapa de la metodología se analizaron de forma pormenorizada los 398 artículos filtrados, dado que existe una basta variedad de metodologías de modelación clásicas y modernas, es entendible que las metodologías empleadas en los documentos en cuestión sean variadas. Dar respuesta a las preguntadas planteadas es un paso ineludible, dado que abordan aspectos como la frecuencia de publicación de los tópicos en tendencia, fiabilidad de los argumentos y metodologías más usadas, por medio de la evaluación de la periodicidad y calidad de los artículos, propuestas de solución y métodos empleados en la recolección de datos.

P1 ¿Cuál es la periodicidad de publicación de los documentos seleccionados?

Los gráficos de líneas son usados mayormente en datos discretos, ya que en ellos se evidencia con más facilidad la posición y longitud, aunado a que son los más apropiados para percibir tendencias (Abeynayake et al., 2023). Con esta noción y dado que la distribución temporal hace referencia a las tendencias, la Figura 5 presenta un gráfico de líneas el cual permite visualizar las fluctuaciones en cuanto a la creación de artículos científicos en el lapso de cinco años, siendo específicos en el periodo comprendido desde el 1 de enero del 2020 hasta el 31 de agosto de 2024, con respecto a los 10 países más contribuyentes. En el periodo observado, el año 2023 con 116 artículos representa el 29% sobresaliendo entre todos por ser el año que registra la más alta cantidad de publicaciones. Consecuentemente el 2022 con 94 artículos constituye el 24%. Seguido del 2021 con 70 artículos equivalentes al 18%. Año 2024 en curso, hasta la fecha de corte se reflejaron 62 artículos correspondientes al 16%. Finalmente, año 2020 con 56 artículos denota el 14%, siendo este el año que refleja la menor cantidad de artículos publicados. Es evidente que el tópico en cuestión obtuvo especial interés dentro de la comunidad

académica en los cuatro primeros años, dado que gradualmente el número de publicaciones aumento gradualmente en ese lapso, para luego declinar en el último año del periodo.

Figura 5. Gráfico de líneas referente a la cantidad de artículos publicados en el periodo observado

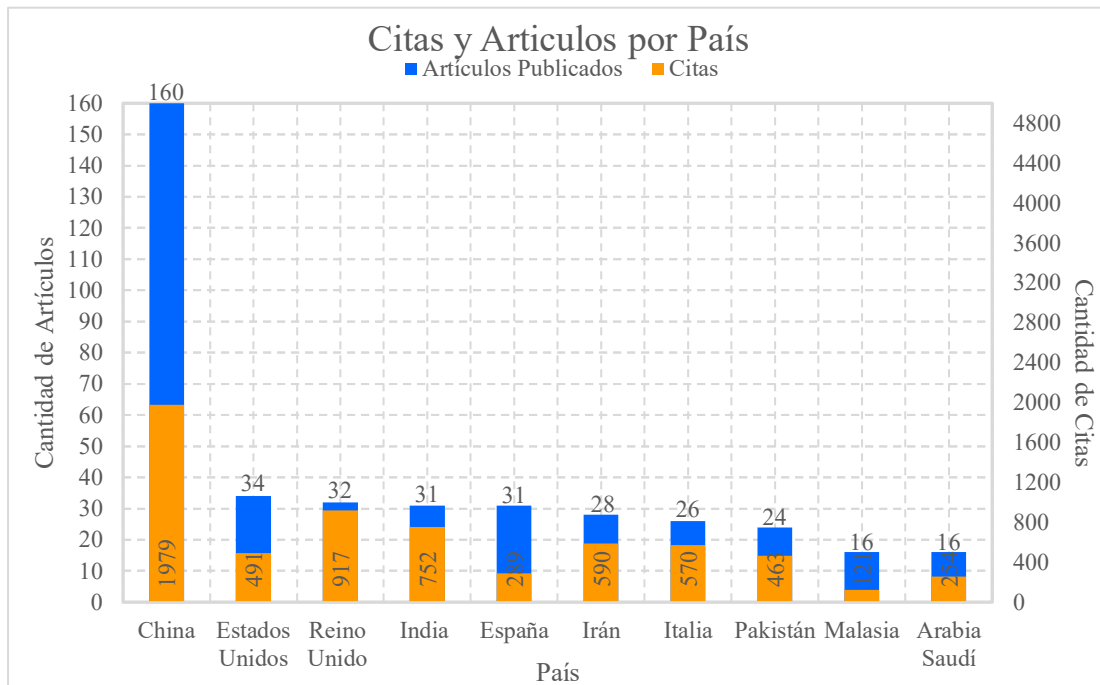


P2 ¿Qué grado de calidad poseen las publicaciones científicas escogidas?

La calidad y relevancia de los artículos se evidencia en la cantidad de citas en su haber, lo que implica que el tópico abordado y los argumentos del mismo, son altamente valorados por la comunidad académica. La Figura 6 muestra un gráfico de columnas apiladas el cual permite la visualización de datos cualitativos referentes a la creación de documentos científicos y citas bibliográficas de los 10 países más contribuyentes, lo que permite una comparativa inmediata entre países, en cuanto a su producción científica y las veces que han sido referenciados. De manera más detallada se expone que por su alta producción científica **China** sobre los demás países destaca significativamente con la cifra de 160 artículos los cuales llegaron a ser referenciados 1979 veces, con una media general de 12,37 por documento. Seguidamente **Estados Unidos, Reino Unido, India y España** en cuanto a publicaciones registraron cantidades similares, en materia de citas los valores son más dispersos, no obstante, en promedio reflejan medias de (14,44), (28,66), (24,26), (9,32) correspondientemente. Por otro lado, **Irán, Italia y Pakistán** en

términos de creación de artículos y número de citas los valores son relativamente parecidos, con medias respectivas de (21,07), (21,92), (19,29). Por último, **Malasia** y **Arabia Saudí** refieren cifras semejantes en la creación de documentos, pero ligeras variaciones en lo que respecta a las citas, obteniendo medias de 7,56 y 15,88 respectivamente.

Figura 6. Gráfico de columnas apiladas de países respecto a citas y documentos publicados



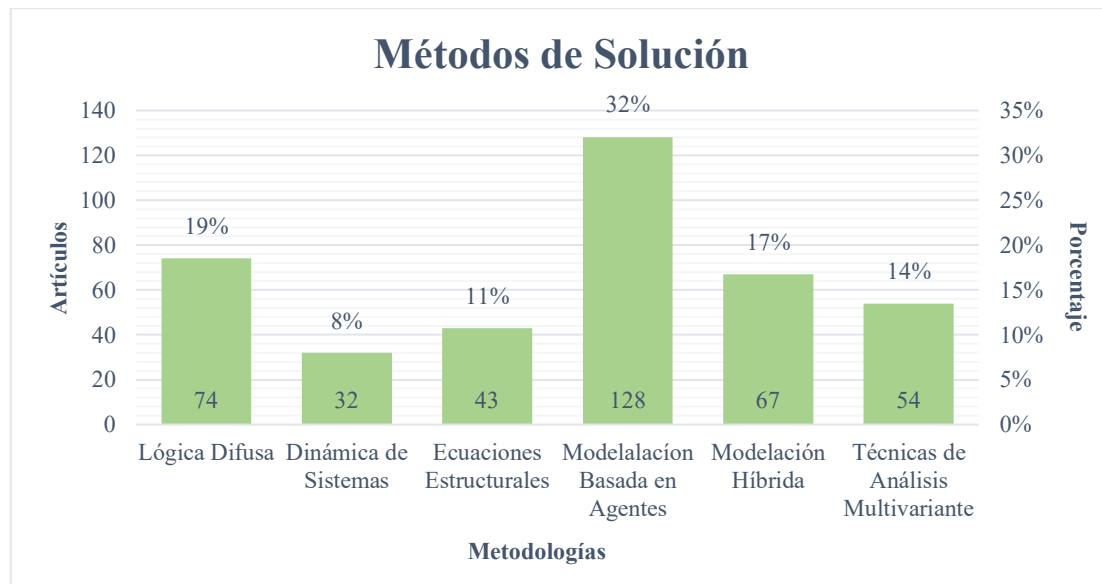
P3 ¿Cuáles son las propuestas de solución?

El progresivo interés de las cadenas de suministros en la sostenibilidad ha requerido fundamentos fiables que proporcionen directrices metodológicas sobre cómo abordar esta dimensión. Evaluar metodologías que promuevan el desarrollo sostenible es incrementalmente importante (Chaudhuri et al., 2024). Con estas consideraciones se ha evidenciado que ciertas metodologías muestran estar mejor adecuadas para satisfacer estos requerimientos. La Figura 7 muestra un gráfico de columnas combinadas respecto a las metodologías de solución más frecuentes en los 398 artículos analizados, en función de la cantidad de artículos y el respectivo porcentaje equivalente.

Entre las metodologías identificadas, la **modelación basada en agentes** con 32% resalta por ser la más utilizada, permitiendo a los autores simular y analizar el

comportamiento de los agentes involucrados en una cadena de suministro con enfoque verde. La **lógica difusa** es la segunda más usada, con una porcentualidad del 19%, empleada para el manejo de la incertidumbre en datos referentes a la producción agrícola. Con una frecuencia de uso del 17%, la metodología de **modelación híbrida** es la tercera más empleada, integra diversos enfoques, lo que refuerza la precisión de los hallazgos. Consecutivamente las **técnicas de análisis multivariante** con una cifra en términos porcentuales equivalente al 14% ocupan la cuarta posición en cuanto a aplicación se refiere, estas admiten el análisis en simultaneo de múltiples variables a través de métodos estadísticos. Las **ecuaciones estructurales** con un porcentaje de uso del 11% se sitúan en la quinta posición, a través de ellas es posible estudiar las relaciones entre variables, mediante la realización de simulaciones y predicciones. Con una aplicación equivalente al 8% la **dinámica de sistemas** es la menos empleada, esta metodología permite detectar tendencias y predecir el dinamismo de los sistemas.

Figura 7. Gráfico de columnas combinadas sobre los métodos de solución más recurrentes, en relación con la cantidad de artículos y el porcentaje correspondiente.



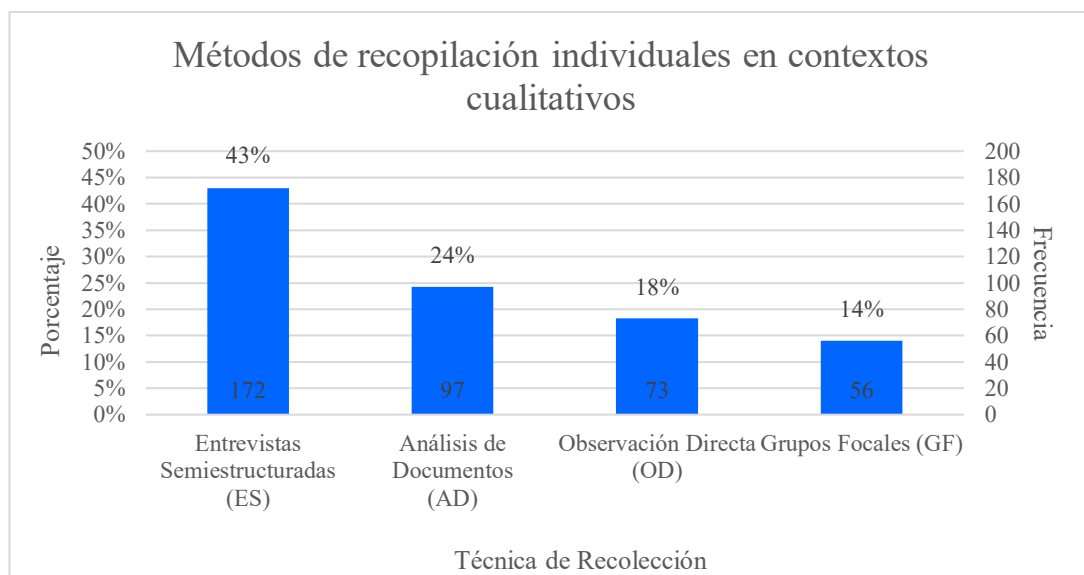
P4 ¿Qué técnicas metodológicas fueron aplicadas para la recopilación de información?

Paradigma de investigación cualitativa - Métodos de recopilación trabajados individualmente

El desarrollo industrial incremento consigo las incertidumbres en materia ambiental en varios sectores de la industria, entre ellos el de la producción, poniendo especial cuidado en resaltar la adopción de la GSC (Chakraborty et al., 2023). A fin de conseguir este propósito es imperativo identificar y entender las técnicas de recopilación de datos. La Figura 8 muestra un gráfico de columnas combinadas en donde se deja en evidencia las técnicas de recolección más frecuentes.

El método de **Entrevista Semiestructurada (ES)**, destaca por su recurrencia, llegando a ser usado en 172 contextos, lo que es equivalente al 43%, esto sugiere una inclinación por parte de los autores hacia este método. La ES posibilita la obtención de información básica e identificación de corrientes vinculadas con el eje investigativo lo que en suma permite un entendimiento integral (Kunkel et al., 2022). El enfoque del **Análisis de Documentos (AD)** fue aplicado en 97 casos, representando el 24%. El AD brinda una visión sintetizada, coherente y estructurada, con miras al debate de la información recolectada (Natembeya et al., 2024). La técnica de **Observación Directa (OD)** fue adoptada en 73 instancias, constituyendo el 18%. Finalmente, la táctica de **Grupos Focales (GF)** se adoptó en 56 escenarios denotando el 14%, resultando con esto ser el método con menos apariciones. Los GF potencian el alcance de información significativa, a la vez que facilitan el discernimiento de opiniones entre participantes sobre los tópicos tratados, mediante el diálogo (Boermans et al., 2024).

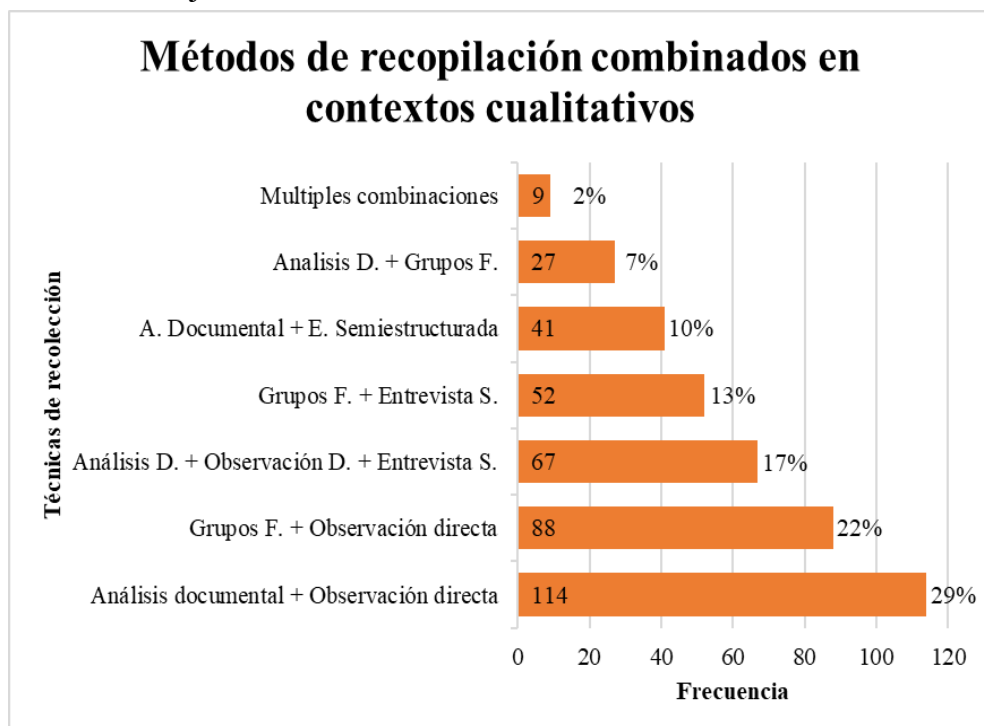
Figura 8. Gráfico de columnas combinadas sobre porcentajes y frecuencias de los métodos de recolección trabajados individualmente, en contextos cualitativos



Paradigma de investigación cualitativa - Métodos de recopilación trabajados en combinación con otros

El multimétodo ofrece una perspectiva amplia, esto hace que la información recolectada sea integral, los métodos compuestos permiten ampliar y profundizar en el tópico estudiado, mediante la obtención de información pormenorizada, a la vez que admite una comparativa entre resultados, esto afianza la veracidad y precisión de los resultados (Wallwey & Kajfez, 2023). En el sondeo realizado expuesto en la Figura 9, **AD + OD**, es la conjunción con mayor presencia, con una equivalencia porcentual del 29%, las ES brindan información subjetiva y contextualizada no dispuesta en documentos, en tanto que el AD permite acceder a información fáctica y neutral del tópico estudiado, al combinar estos métodos la información se complementa, a la vez que se incrementa la fiabilidad de los hallazgos. La segunda combinación más destacada es **GF + OD** cuya porcentualidad es del 22%, los GF permiten conocer las experiencias y opiniones de los involucrados, estableciendo con ello una visión general de la dinámica del tema de interés, mientras que la OD proporciona información sólida de las circunstancias que rodean al objeto de estudio, esta combinación posibilita la validación cruzada lo que permite identificar tendencias. En resumen, estas combinaciones son particularmente notables por brindar un enfoque balanceado, factico y pormenorizado.

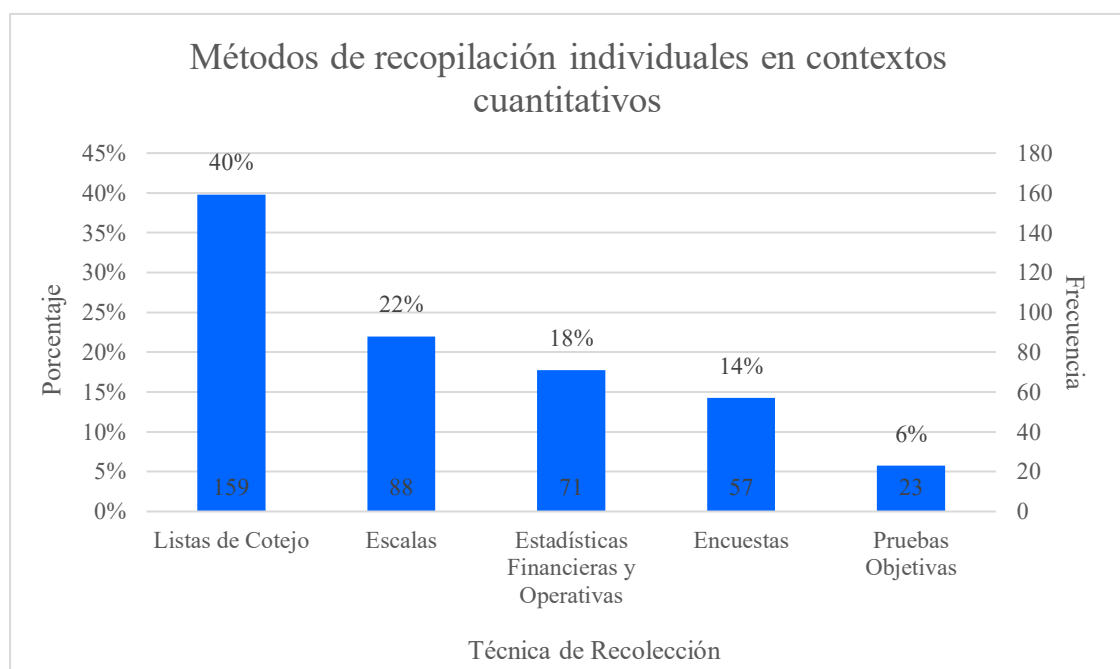
Figura 9. Gráfico de barras combinadas sobre porcentajes y frecuencias de los métodos de recolección trabajados en combinación con otros, en contextos cualitativos



Paradigma de investigación cuantitativa - Métodos de recopilación trabajados individualmente

Listas de Cotejo, cuya porcentualidad del 40%, es correspondiente a su presencia en 159 escenarios, esto sugiere que fue mayormente adoptada por los analistas en sus trabajos investigativos, dado a que es una técnica pensada para datos cuantitativos, esto sugiere que el desenvolvimiento en el contexto de la GSC, fue medido a través de una escala numérica, permitiendo cuantificar las respuestas. El método de **Escalas**, identificado en 88 artículos de investigación, que porcentualmente equivale al 22%, es ideal para verificar de manera inmediata el cumplimiento de los criterios requeridos. Las **Estadísticas Financieras y Operativas** se evidenciaron en 71 publicaciones lo que en términos porcentuales corresponden al 18%, las técnicas en cuestión son elementales para la evaluación del desempeño operativo y financiero. De manera similar se constató la existencia de **Encuestas** en 57 contextos, lo que en medida porcentual corresponde al 14%, son esenciales para conocer los puntos de vista de los actores involucrados sobre la GSC. Finalmente, las **Pruebas Objetivas** fueron empleadas en 23 ocasiones, cifra que en porcentaje es concordante con el 6%, esto sugiere que la técnica es menos requerida por los analistas. En la Figura 10 se deja a consideración las especificaciones anteriormente expuestas.

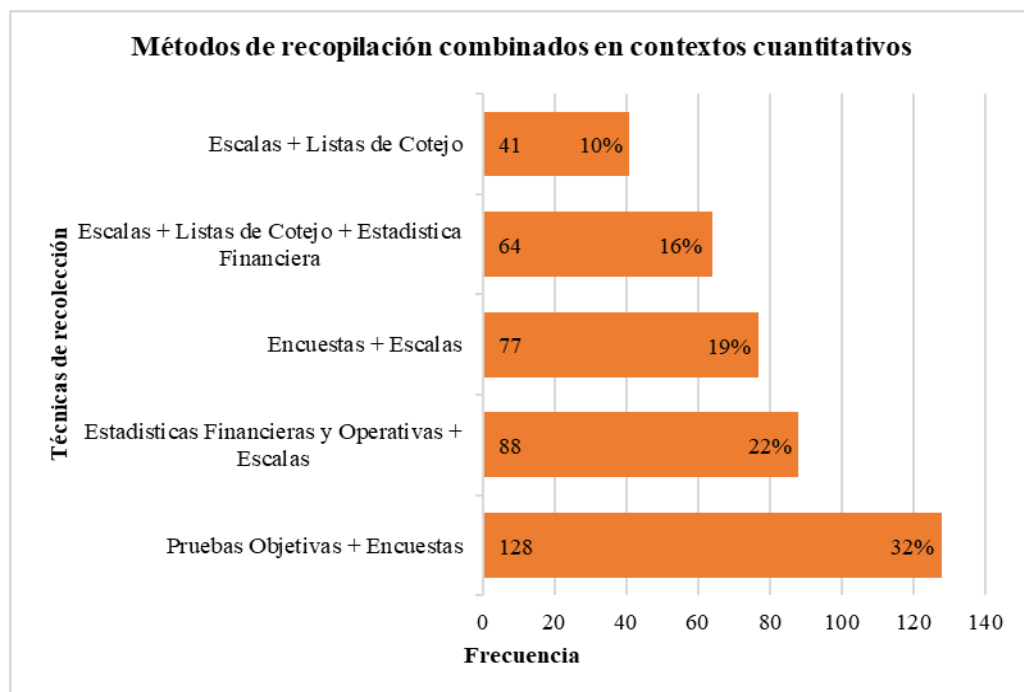
Figura 10. Gráfico de columnas combinadas sobre porcentajes y frecuencias de los métodos de recolección trabajados individualmente, en contextos cuantitativos.



Paradigma de investigación cuantitativa - Métodos de recopilación trabajados en combinación con otros.

Las encuestas y pruebas objetivas fueron usadas en conjunto en 128 ocasiones lo que resulta en un 32%, cifra que refleja el nivel de preferencia que llega a alcanzar; esta combinación admite evaluar el tópico estudiado a la vez que asegura el cumplimiento de los criterios significativos. Las Estadísticas Financieras y Operativas con Escalas fueron empleadas en 88 situaciones, cantidad que es equivalente en materia de porcentajes al 22%, la técnica consciente la cuantificación y posterior evaluación del desempeño financiero y operativo. La conjunción encuestas y escalas tiene 77 ocurrencias las cuales constituyen el 9%, esto sugiere que es un método relativamente preferido por los académicos. Escalas, Listas de Cotejo y Estadística Financiera con 64 apariciones representan el 16%. Escalas y listas de cotejo simbolizan el 10%. En la Figura 11 se muestra ilustrativamente lo antes expuesto.

Figura 11. Gráfico de barras combinadas de porcentajes y frecuencias de los métodos de recolección trabajados en combinación con otros, en contextos cuantitativos.



1.2.3.2 Esquema de caracterización

La modelización de una cadena de suministros con concepto verde en la producción de limón demanda la utilización de técnicas adecuadas para manejar la complejidad del sistema. La revisión de métodos para evaluar la modelización de la

GSC en la producción de Limón puso de manifiesto el uso de métodos cuantitativos y cualitativos, aunado a que en ambas aristas se constató la inclinación hacia el uso de metodologías combinadas, siendo estas las cualitativas combinadas **AD + ES** y las cuantitativas combinadas **Escalas + Listas de Cotejo**. De igual manera el **MBA**, utilizado para simular las interacciones de los agentes involucrados.

1.3. Delineación del protocolo

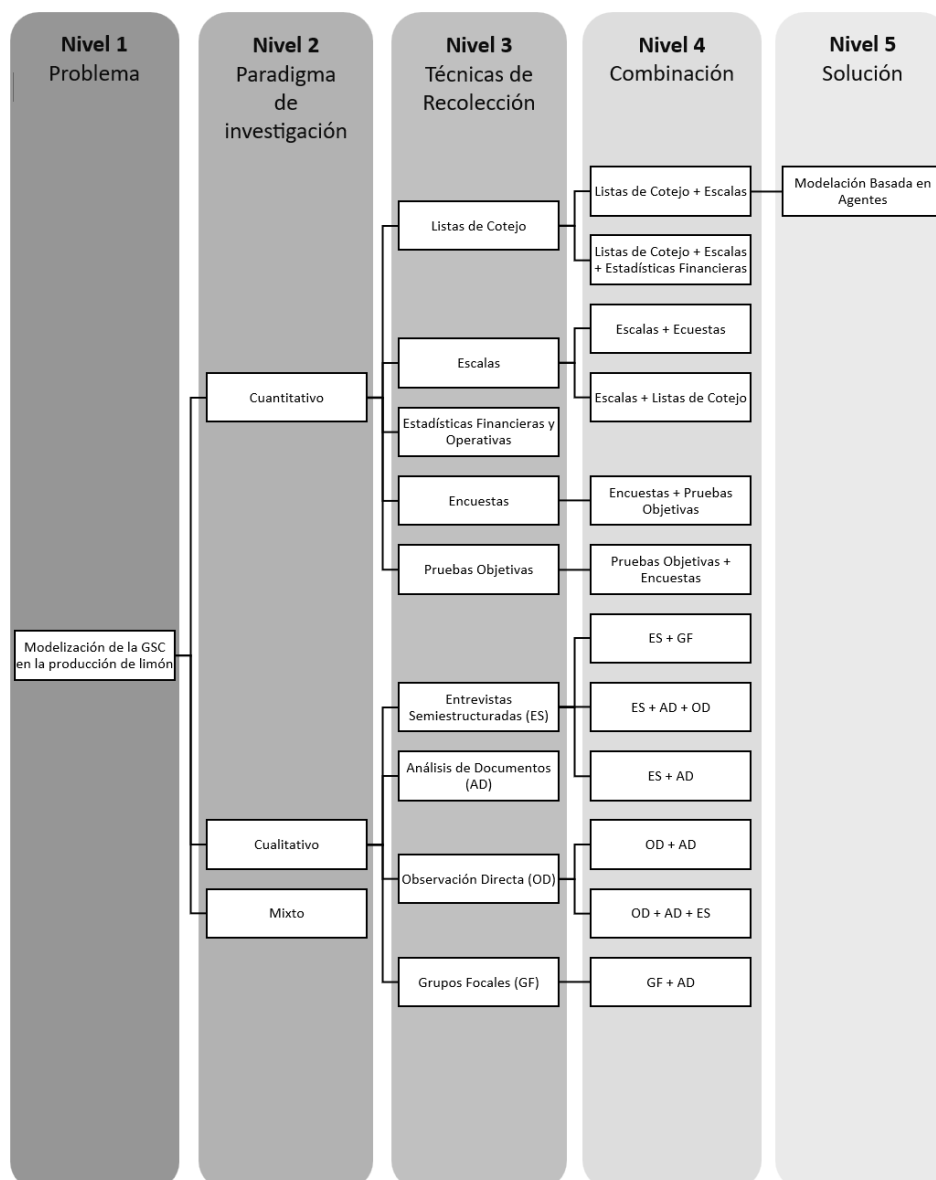
Para el estudio de la modelización de la cadena de Suministro Verde, este paso fue ineludible, consistió en establecer un protocolo que incluyera pautas sobre qué hacer y cómo hacerlo, garantizando que la recopilación de datos se realice de manera detallada y estructurada. El protocolo convenido expuesto en la Figura 12, incorpora los enfoques cualitativos y cuantitativos usados en la modelización de la GSC, además de adecuadas herramientas y técnicas trabajadas en combinación. La incorporación de técnicas compuestas posibilita la obtención de información integral con el mínimo de sesgos, como resultado del uso de diversos enfoques lo que permite una comparativa analítica de los hallazgos.

Los hallazgos derivados del MSL, posicionan al modelado basado en agentes como el método más utilizado, con una porcentualidad del 34%, diferenciado por admitir la simulación de sistemas complejos. La lógica difusa con un uso equivalente al 19%, es la más adecuada para manejar datos con incertidumbre. La modelación híbrida con el 17% de uso, destaca por combinar enfoques variados para tratar situaciones complejas. Las técnicas de análisis multivariante permiten el estudio de múltiples variables al mismo tiempo. Las ecuaciones estructurales permiten examinar la veracidad de los modelos teóricos. La dinámica de sistemas analiza la conducta y progreso de los sistemas.

En lo que respecta a la recopilación de datos cualitativos, entre las conjunciones más frecuentes constan, con el 29% el Análisis de Documentos + Entrevistas Semiestructuradas y con el 22% los Grupos Focales + Observación Directa. En combinaciones adicionales figuran con un porcentaje de utilización del 17% el Análisis de documentos + observación Directa + Entrevista semiestructurada y con el 13% los Grupos Focales + Entrevistas Semiestructuradas. Otras combinaciones con menor presencia son el Análisis de Documentos + Observación Directa, el Análisis de Documentos + Grupos Focales y Múltiples combinaciones con el 10%, 7% y 2%

correspondientemente. De manera similar en cuanto a la recolección de datos cuantitativos entre las combinaciones más recurrentes se registró con el 32% a las Escalas + Listas de Cotejo y con el 22% a las Estadísticas Financieras y Operativas + Escalas. Combinaciones complementarias como las Encuestas + Escalas, Escalas + Listas de Cotejo + Estadísticas Financieras y Pruebas Objetivas + Encuestas se presentan con una porcentualidad de 19%, 16% y 10% respectivamente. Disponer las técnicas antes mencionadas en un mapa mental permite visualizar como cada una puede ser trabajada de forma independiente o en conjunto con otras. La incorporación de los enfoques cualitativos y cuantitativos en conjunto con sus respectivos métodos de recolección de datos permitirán un estudio que en resumidas cuentas contribuirá a lograr la sinergia entre la cadena de suministro verde y la producción de limón en la producción de limón.

Figura 12. Protocolo de recolección de datos



1.4. Marco conceptual

1.2.4 Cadena de suministro verde

La GSC se refiere sistemáticamente a la integración de prácticas ambientales sostenibles en cada una de las etapas de la cadena de suministro, desde el diseño del producto hasta llegar a la distribución y disposición final. De acuerdo con Liu et al., (2024), esta concepción promueve enérgicamente a la minimización del impacto ambiental, optimizando el uso de recursos y reduciendo emisiones contaminantes a través de estrategias como compras verdes, producción limpia, transporte ecológico y gestión de residuos. La GSC, además de mejorar el desempeño ambiental, puede contribuir a la ventaja competitiva al reducir costos operativos y mejorar la reputación corporativa (Gad El Mola, 2023).

1.2.5 Sostenibilidad

La sostenibilidad en el contexto organizacional implica la integración equilibrada de tres dimensiones fundamentales: ambiental, social y económica (Wang et al., 2022). A pesar de que integra una dimensión adicional para países en vías de desarrollo que es la policía, estableciendo el cuarteto de la sostenibilidad (Muyulema, & Ruiz, 2022). En las CS, la sostenibilidad no solo busca mitigar externalidades negativas como la contaminación o la explotación laboral, sino también fomentar modelos de negocio resilientes y éticos. Esto implica adoptar criterios de gobernanza responsable, justicia intergeneracional, equidad social y eficiencia en el uso de recursos, elementos claves para alcanzar los tan anhelados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU (2023).

1.2.6 Aplicación en la cadena de suministro verde

La aplicación efectiva de prácticas verdes en la cadena de suministro requiere una transformación sistémica de los procesos logísticos, productivos y estratégicos (Liu et al., 2024). Destacando como prácticas verdes, la implementación de tecnologías limpias, la digitalización para trazabilidad ambiental y el rediseño de productos con criterios de ciclo de vida. En la Tabla 10 que prosigue fueron establecidas las diversas aplicaciones de la cadena de suministro relacionadas con las prácticas verdes aplicadas y el objetivo ambiental

Tabla 10. Aplicación de la cadena de suministro

Etapa de la Cadena de Suministro	Prácticas Verdes Aplicadas	Objetivo Ambiental	Referencia
Abastecimiento	Compras sostenibles, selección de proveedores con certificación ambiental	Reducción del impacto ambiental desde el origen de la cadena	(Das et al., 2022).
Diseño del producto	Ecodiseño, análisis de ciclo de vida (ACV), selección de materiales reciclables	Minimizar residuos y facilitar la reutilización o reciclaje	(Liu et al., 2024),
Producción	Producción limpia, eficiencia energética, uso de energías renovables	Disminución de emisiones y consumo de recursos	(Muyulema, & Ruiz, 2022).
Distribución	Transporte ecológico, rutas optimizadas, uso de vehículos eléctricos	Reducción de la huella de carbono logística	(Jasrotia et al., 2024).
Consumo	Educación al consumidor, etiquetado ecológico, servicios postventa verdes	Fomento del consumo responsable	(Chaves et al., 2022).
Devolución y fin de vida útil	Logística inversa, recolección de productos usados, reciclaje y remanufactura	Recuperación de valor, reducción de residuos	(Muyulema & Ruiz, 2022).
Gestión transversal	Digitalización, trazabilidad ambiental, colaboración interorganizacional	Mejora en la toma de decisiones sostenibles	(Wang et al., 2022).

1.2.7 Tipos de modelo

En la literatura científica presentada por medio del mapeo sistemático de la literatura estableció que se han desarrollado diversos modelos para gestionar la sostenibilidad en cadenas de suministro. Los más comunes son: la modelación basada en agentes destaca como la más utilizada (32%), al facilitar la simulación del comportamiento de los actores dentro de cadenas de suministro verdes. Le sigue la lógica difusa (19%), aplicada principalmente para gestionar la incertidumbre en datos agrícolas. En tercer lugar, se encuentra la modelación híbrida (17%), que combina distintos enfoques para mejorar la precisión de los resultados. Las técnicas de análisis multivariante ocupan la cuarta posición (14%), útiles para examinar múltiples variables de forma simultánea mediante herramientas estadísticas. En quinto lugar, las ecuaciones estructurales (11%) permiten explorar relaciones causales entre variables mediante simulaciones. Finalmente, la dinámica de sistemas, con un uso del 8%, es la menos

frecuente, aunque valiosa para identificar patrones y proyectar el comportamiento sistémico.

1.2.8 *Logística inversa y circuito cerrado*

La logística inversa se refiere al proceso de planificación, implementación y control del flujo de materiales desde el consumidor final hasta el productor, con el objetivo de recuperar valor o asegurar una disposición adecuada (Chaves et al., 2022). En este marco, los sistemas de cadena de suministro de circuito cerrado integran flujos directos e inversos para maximizar la reutilización, reciclaje y remanufactura, reduciendo la dependencia de recursos vírgenes. Estas prácticas son esenciales para avanzar hacia modelos de economía circular y mejorar la eficiencia ambiental.

1.2.9 *Indicadores de desempeño sostenible*

La matriz presenta indicadores clave de sostenibilidad en dimensiones ambiental, económica y social, comparando valores reales con metas ideales. En el ámbito ambiental, el uso excesivo de fertilizantes y la baja diversidad de cultivos evidencian oportunidades de mejora para reducir impactos negativos y aumentar la resiliencia (Muyulema & Tapias, 2024). La Tabla 11 resume estos aspectos de modo integral para el caso de estudio.

Tabla 11. Indicadores de desempeño sostenible identificados para el caso de estudio

Dimensión	Indicador de desempeño sostenible	Indicador clave específico	Observaciones
Ambiental	Huella de carbono	Fertilizantes sintéticos (kg/ha)	Promedio reportado por agricultores
Ambiental	Índice de reciclaje	Diversidad de cultivos (escala 1-5)	Diversidad basada en combinación de cultivos
Económica	Retorno financiero sobre inversión sostenible	Rendimiento (ton/ha)	Registros anuales de cosecha
Económica	Retorno financiero sobre inversión sostenible	Acceso a mercados (escala 1-5)	Ventas locales sin alianzas comerciales
Social	Bienestar laboral	Productores capacitados (%)	De 30 productores, sólo 15 asistieron a capacitaciones
Social	Equidad	Organización comunitaria (escala 1-5)	Cooperativa activa con reuniones mensuales

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El método adoptado en esta investigación para la búsqueda, clasificación y evaluación rigurosa de los precedentes literarios fue ampliamente desarrollado y presentado en el capítulo I, expresamente en el apartado del estado del arte, a través del cual se estableció el protocolo que guiara la investigación, el cual especifica el método, la técnica y los instrumentos mejor adaptados a los requerimientos del tópico en estudio.

2.1. Enfoque de investigación

Los resultados del método empleado para la revisión de la literatura presentados en la Figura 12 infieren que dados los requerimientos de esta investigación fue apropiada la adopción de un enfoque mixto, mismo que conjuga los enfoques cuantitativos y cualitativos. Por ello, a continuación, son esclarecidas brevemente dichas perspectivas.

En ese aspecto, para Wallwey & Kajfez, (2023) el enfoque cuantitativo se caracteriza primordialmente por basarse en el estricto empleo de datos cuantificables y medibles para la realización del estudio de fenómenos, con los que se demuestra la presencia e intensidad del nexo existente entre variables. Wallwey & Kajfez, (2023) expone también que el enfoque cualitativo, contrario al anterior su principal característica consiste en que los datos empleados no son cuantificables, por lo tanto, busca comprender el tópico en estudio basándose restrictivamente en la exploración del contexto social, en ello implícitas las opiniones y experiencias de los involucrados activos. Dentro de este contexto, en opinión de Al-Habaibeh et al., (2024) el enfoque mixto, es una estrategia investigativa que integra los enfoques cualitativos y cuantitativos, procurando el aprovechamiento de las fortalezas de cada uno, en miras de superar las restricciones inherentes de cada cual, para alcanzar entendimientos amplios que conduzcan a resultados validos sobre fenómenos complejos.

En consecuencia, se expone que fue aplicado un enfoque de método mixto a través del cual se estudió la población en función de sus características cuantitativas y cualitativas, abordándolas de manera separada. Siendo que, en congruencia con los hallazgos revelados en la figura 13, en lo que respecta a la postura cuantitativa fueron empleadas encuestas y pruebas objetivas como instrumentos de recolección de datos y en

lo concerniente a la perspectiva cualitativa se aplicó el análisis documental y observación directa como instrumentos para recopilar información. Posterior a este esclarecimiento es permitido inferir que la combinación de los enfoques antes citados permitió conjugar las fortalezas de cada cual, en una misma investigación.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es el esquema que guiará la creación del producto científico, en donde se determina la naturaleza de la información que será recolectada además de los medios usados para la recolección y análisis de los datos, que en suma darán respuesta a las preguntas de investigación (Martínez, 2012).

Los diseños de investigación se categorizan en dos primeros grupos principales, no experimentales y experimentales, en dependencia del nivel de control que el analista tenga sobre las variables en estudio (Vallejo, 2002). En ese sentido Kotronoulas & Papadopoulou, (2023) en su trabajo de investigación exponen que en el diseño no experimental el analista adopta una postura pasiva, cuya mera función es la de observar sin ejercer ningún tipo de manipulación. Siguiendo la misma línea Manterola et al., (2019) en su investigación sostiene que cuando se opta por un diseño no experimental es necesario determinar si el estudio será de tipo longitudinal o transversal. En ese sentido Sousa et al., (2007) deja en manifiesto que en un estudio de carácter transversal la población es identificada y estudiada una única vez en el tiempo. En consonancia con lo anterior, los hallazgos de Sousa et al., (2007) también revelan que los diseños no experimentales clásicamente están subcategorizados en descriptivos y de correlación, siendo que define los estudios descriptivos como aquellos que detallan la realidad del fenómeno en estudio, añadiendo además que este tipo de estudio es mayormente empleado en fenómenos de los que poco se conoce.

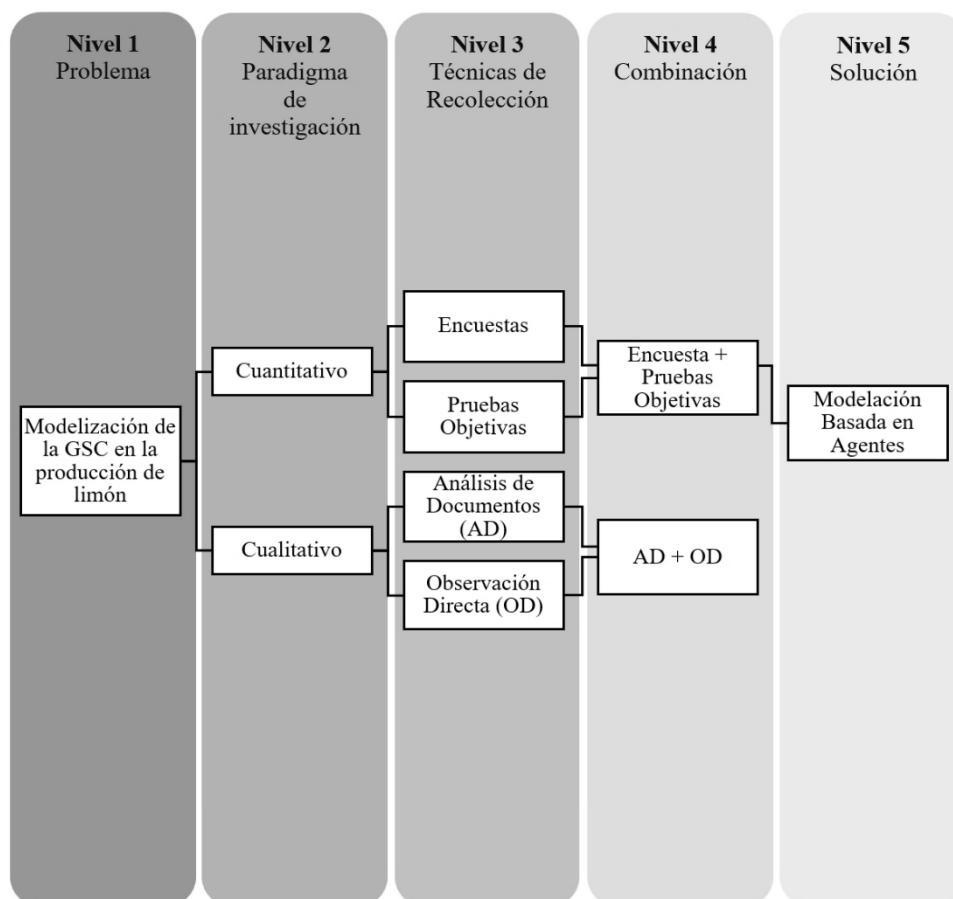
Bajo la premisa antes descrita se especifica que, en lo concerniente al diseño de la investigación, dada la naturaleza y requerimientos de este estudio se estimó adecuada la adopción de un diseño *no experimental* del tipo *transversal* y *descriptivo*; en consonancia con los conceptos antes referenciado se asumió una postura neutral enfocada en observar y medir las variables producción de limón (VI) y cadena de suministro verde (VD), sin ejercer ningún tipo de manipulación por parte del investigador en la realidad de las variables.

2.3. Protocolo de investigación

2.3.1. Protocolo de recolección de datos

El protocolo bajo el cual estuvo regida la investigación en lo referente a la recolección de datos para la modelización de la GSC en la producción de limón es presentado en la Figura 13, en él se precisan los pasos desarrollados en cada etapa de la investigación, siguiendo una secuencia lógica.

Figura 13. Protocolo de recolección de datos para la modelización de la GSC en la producción de limón.



2.3.2. Protocolo para la modelación basada en agentes

La aplicación de modelos basados en agentes (MBA) ha incrementado progresivamente en las últimas dos décadas, esto es evidenciable en la amplia existencia de documentos científicos que incorporan esta técnica en sus investigaciones, a este respecto es adecuado referenciar trabajos como el de Huber et al., (2023) ó Thampan et

al., (2023) quienes en sus trabajos de investigación evaluaron tópicos distintos, pero convergiendo en el uso de la metodología del MBA.

En este contexto, autores como Pereda & Zamarreño, (2015) describen al MBA como una técnica orientada a la simulación de sistemas complejos, Cuya característica principal es estar constituido por una población de agentes y modelar sistemas a partir de ellos, incluyendo el dinamismo existente entre estos, basado en la información que se dispone referente a su comportamiento. Esta característica posibilita analizar los sistemas desde las perspectivas de cada uno de los elementos que lo constituyen.

La modelación basada en agentes (MBA por sus siglas en inglés) como su nombre lo especifica está constituido por agentes, los cuales son entidades heterogéneas, con patrones de comportamiento propios, gobernados por reglas o características que condicionan su comportamiento y determinarán su estado en todo momento (Araya, 2016). Siendo el propósito de esta investigación la modelación del sistema de producción de limón, se estimó apropiada la adopción del protocolo “Mantenerlo adecuado” (Keep it adequate “KIA”) propuesto por Troost et al., (2023), como método para validar la modelación. La Tabla 12 detalla las etapas y pasos propuestos por el autor, los cuales sirvieron de guía para documentar y garantizar la idónea construcción MBA.

Tabla 12. Etapas y pasos del protocolo KIA

Etapas	Pasos
(I): Definición del contexto de modelado	Paso 1: Definir la pregunta de investigación. Paso 2: Analizar la pregunta de investigación y derivar los requisitos para el modelado. Paso 3: Analizar el conocimiento, la información y los datos disponibles sobre el sistema que se está modelando. Paso 4: Determinar la representatividad del comportamiento del sistema observado/observable y el grado de generalización.
(II): Selección de modelos y parámetros	Paso 5. Estructurar las tareas de modelado en componentes del modelo. Paso 6. Identificar el modelo estructuralmente adecuado y

<p>adecuados al contexto y documentación de la incertidumbre</p>	<p>rangos de parámetros para los componentes. Paso 7. Describir la incertidumbre de forma exhaustiva. Paso 8. Evaluar la identificabilidad estructural del modelo en la población/dominio representado por la muestra observada. Paso 9: Elegir y aplicar una estrategia adecuada para la inferencia basada en el comportamiento.</p>
<p>(III): Derivación e interpretación adecuadas de los resultados de la simulación y la incertidumbre</p>	<p>Paso 10: Interpretar la incertidumbre posterior y la precisión predictiva esperada (<i>si corresponde</i>) Paso 11: Elija un diseño de simulación y ejecute simulaciones predictivas y analice la incertidumbre predictiva (<i>si el análisis está centrado en los resultados</i>) Paso 12: Interpretación final, derivación de conclusiones y documentación</p>

Nota: Basado en Troost et al., (2023)

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Llegado a este punto y posterior a la declaración formal de los protocolos de investigación, fue necesario resaltar la importancia de la existencia de una población en la investigación, lo que resulta obvio dado a que es el sujeto de observación y entorno a quien gira el estudio, aunado a que con ello es identificado y delimitado el conjunto que se desea estudiar, evitando de esta forma posibles confusiones sobre que o a quienes se está estudiando. En este aspecto Arias-Gómez et al., (2016) en su artículo exponen que es fundamental dentro de cualquier protocolo de investigación la incorporación del grupo de interés, expresando además que con una adecuada selección los resultados serán fiables, y que podrán ser llevados a otros grupos similares.

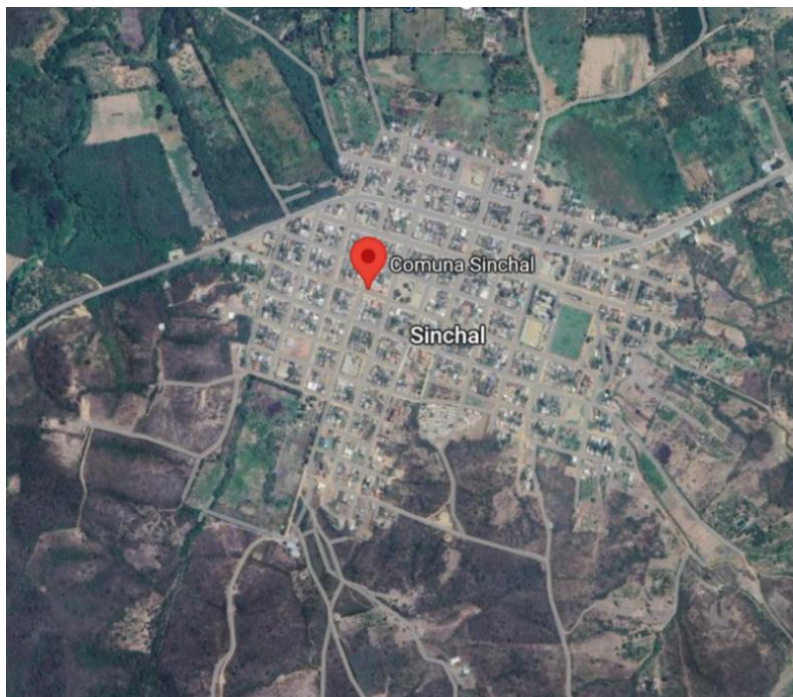
Bajo este contexto fueron referenciadas aquellas definiciones que la investigación consideró de especial interés, con el propósito de esclarecer y garantizar un correcto entendimiento y aplicación de los conceptos requeridos para el desarrollo del presente estudio. En ese sentido Mejía-Benavides et al., (2021) definen la población (N) como el universo, conjunto, colectivo o conocida también como población teórica (Mucha Hospinal et al., 2021), en la que los elementos constitutivos pueden ser individuos u

objetos, los cuales deben cumplir estrictamente con criterios específicos que la investigación considera de particular importancia.

Dentro del mismo contexto Mejía-Benavides et al., (2021) refieren la existencia de la población diana o también conocida como población objetivo la cual esta categorizada como una subdivisión de la población, definida como el conjunto particularmente delimitado en función de sus características demográficas.

En concordancia con los criterios referenciados previamente, es necesario esclarecer información correspondiente al universo de estudio, por tanto, se especifica que la población teórica de esta investigación es equivalente a los productores de limón de la comuna Sinchal. Bajo esta perspectiva la Figura 14 hace referencia al espacio territorial donde se desenvuelve la población en estudio.

Figura 14. Espacio territorial donde se desenvuelve la población productores de limón de la comuna Sinchal



Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/place/Sinchal/@-1.9396604>

Para efectos de este trabajo investigativo se optó por enfocar el estudio a las zonas circundantes del poblado, en consecuencia, el análisis inicial reveló la existencia de 85 plantaciones dedicadas exclusivamente a la producción de limón, cada una correspondiente a un productor individual, esto denota que el total de la población teórica productores de limón de la comuna Sinchal es equivalente a 85, los cuales están

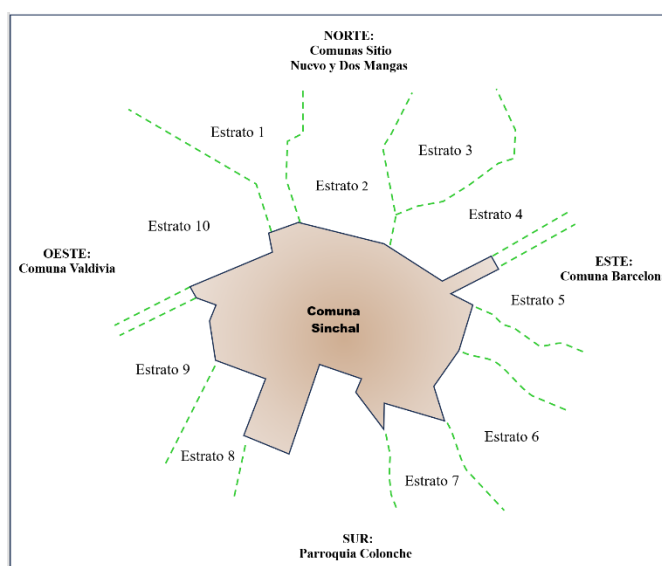
emplazados en toda la periferia del poblado, siendo así que en sector Norte existen 46, en el sector Este 15, en el sector Sur 17 y en el sector Oeste 7, la información en cuestión es expuesta de forma más detallada en la Tabla 13.

Tabla 13. Distribución por sectores de la población productores de limón

Nº	Sectores	Población teórica
1	Sector Norte	46
2	Sector Este	15
3	Sector Sur	17
4	Sector Oeste	7
Total		85

No obstante, con el propósito de lograr una captación de datos pormenorizados, se optó por analizar la población teórica a través de la técnica estadística de estratificación poblacional, en ese sentido la Figura 15 es una representación gráfica que expone la segmentación realizada con fines prácticos a los 4 sectores existentes, resultando en 10 diferentes estratos. La imagen fue generada a partir de información obtenida en Google maps, para efectos de lograr una visualización y análisis idóneo de la realidad geográfica.

Figura 15. Zona circundante de la comuna Sinchal estratificada



La Tabla 14. muestra el total de población teórica (frecuencia) existente, categorizándola por sectores y por los estratos contenidos en cada uno, además del porcentaje al que equivalen. A ese respecto se expone que el sector Norte fue segmentado en 4 estratos, siendo estos “1”, “2”, “3” y “4”, cada uno con una población teórica y

equivalencia en porcentaje de 12 (14,12%); 9 (10,59%); 18 (21,18%) y 7 (8,24%) correspondientemente, esto revela que el 54,13% de plantaciones destinadas a la producción de este fruto están situadas en este sector.

De manera similar, en lo concerniente a la segmentación del sector Este, fue categorizado en los estratos “5” y “6”, con una población teórica y equivalencia porcentual de 9 (10,59%) y 6 (7,06%) respectivamente, esto indica que el 17,65% de plantaciones productoras de limón están localizadas en el sector en mención.

Tabla 14. Estratificación poblacional de los productores de limón en la comuna Sinchal

N°	Sectores	Estratos	Población teórica	Porcentaje
1	Sector Norte	Estrato 1	12	14,12%
2		Estrato 2	9	10,59%
3		Estrato 3	18	21,18%
4		Estrato 4	7	8,24%
3	Sector Este	Estrato 5	9	10,59%
4		Estrato 6	6	7,06%
3	Sector Sur	Estrato 7	10	11,76%
4		Estrato 8	7	8,24%
3	Sector Oeste	Estrato 9	2	2,35%
4		Estrato 10	5	5,88%
Total			85	100%

Por otro lado, la segmentación del sector Sur incorporo los estratos “7” y “8” los cuales tienen una población teórica y equivalencia en porcentaje de 10 (11,76%) y 7 (8,24%) correspondientemente, esto sugiere que el 20% de las plantaciones están situadas en dicho sector.

De forma parecida, en lo que respecta a la estratificación del sector Oeste fueron considerados los estratos “9” y “10”, cada cual con una población teórica y equivalencia en porcentaje de 2 (2,35%) y 5 (5,88%) respectivamente, demostrando con ello que el 8,23% de las plantaciones dedicadas a la producción de limón, están ubicadas en este sector. Esto permitió inferir, en concordación con la información lograda, la mayor cantidad de productores esta emplazados en el sector norte, equivaliendo en porcentaje el 54,13%.

2.4.2. Muestra

En lo que respecta a la extracción de la muestra, esta fue manejada de acuerdo al criterio estadístico propuesto por López, (2004), el cual expone que 30 casos de estudio son el estándar mínimo aceptable, con el fin de no incurrir en la categoría de muestra pequeña. Esto alude a que aplicar el muestreo a una población relativamente pequeña, daría lugar a una población no suficientemente diversa, afectando a la representatividad de la misma, reduciendo con ello las probabilidades de llegar a elementos dispuestos a aportar información relevante para la investigación, lo que en suma afectaría a la precisión de los resultados. Esto llevo a inferir que este aspecto no era aplicable para el caso puntual de la población productores de limón de la comuna Sinchal, dado a que el tamaño de la población es inferior al umbral mínimo aceptado de 100, siendo que la realidad actual de la población es de 85.

No obstante, bajo el mismo criterio se estimó adecuada la aplicación de criterios estadísticos por conveniencia los cuales están en función de la disponibilidad de los participantes; dicha información es presentada en la Tabla 15, en ella se detalla el análisis realizado a cada uno de los 85 individuos que constituyen los 10 estratos, evidenciando que la participación de los individuos está condicionada por 3 aspectos relevantes, la falta de disponibilidad para participar, desinterés y desinformación. Resultando en una población objeto de estudio de 31 individuos.

Tabla 15. Criterios estadísticos por conveniencia

Nº	Sectores	Estratos	Población teórica	Criterios de inclusión y exclusión	Diferencia	Población objeto de estudio
1		Estrato 1	12		8	4
2	Sector	Estrato 2	9		6	3
3	Norte	Estrato 3	18		13	5
4		Estrato 4	7	Falta de disponibilidad para participar, desinterés y desinformación	4	3
5	Sector	Estrato 5	9		5	4
6	Este	Estrato 6	6		4	2
8	Sector	Estrato 7	10		6	4
9	Sur	Estrato 8	7		4	3
1	Sector	Estrato 9	2		1	1
4	Norte	Estrato 10	5		3	2
Total			85		54	31

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

En lo concerniente al método de recolección de datos se expone que en esta investigación se optó por la selección del método inductivo, acerca del cual Prieto Castellanos, (2018) proporciona una caracterización clara, en donde afirma que es un método que posibilita el tránsito de premisas individuales a principios generales. Bajo este contexto se argumenta que la investigación estuvo alineada al enfoque del método inductivo, lo que conlleva la observación y análisis de las experiencias particulares de cada uno de los sujetos de estudio, a través de los cuales se obtuvo los fundamentos básicos para la construcción de teorías concernientes a las variables de estudio.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

Las técnicas de recolección son entendidas como el procedimiento, acciones o medio empleado para la recolección de información, dicho proceso está dado en función del tipo de técnica utilizada, mas no es un cuestionario per se (Casas Anguita et al., 2003). Con ese trasfondo y en concordancia con el protocolo presentado en La Figura 13 se pone de manifiesto que las cuatro técnicas usadas para la recopilación y registro de información fueron el resultado de la combinación de las técnicas convenidas para los datos cualitativos y para los datos cuantitativos, según lo expone el criterio de enfoque mixto; en ese sentido se detalla que la **observación directa** y el **análisis documental** fueron usados para la primera categoría, y las **pruebas objetivas** y **encuestas** para la segunda categoría, en donde cada técnica fue ejecutada de acuerdo a su naturaleza.

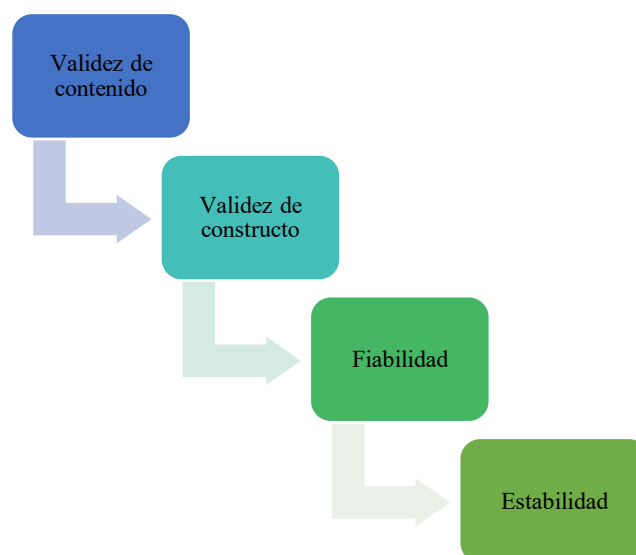
2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

A este respecto se expone que, para la observación directa, se optó por una guía de observación (ANEXO A) como instrumento para la toma de información, misma que fue elaborada bajo el criterio del analista, cuyo formato estuvo constituido por dos columnas, la primera destinada para especificar los aspectos observados y la segunda para la descripción de lo observado. De manera similar en lo concerniente a la *prueba objetiva*, se resolvió emplear un cuestionario de preguntas estructuradas como instrumento de recolección de datos, constituido por 6 preguntas de tipo cerradas elaboradas conforme al juicio del analista

Para la *encuesta*, se decidió adoptar un cuestionario de preguntas estructuradas (ANEXO B) como instrumento para el levantamiento de información, el cual fue un material escrito (cuestionario) conformado por 14 preguntas estructuradas, las cuales, en palabras de Casas Anguita et al., (2003b) son preguntas cerradas o conocidas también como de respuesta fija cuya característica primordial consiste en que sus respuestas se reducen a un conjunto de alternativas predefinidas. Dichas preguntas fueron formuladas en concordancia con el criterio del analista, fundamentándose en la técnica existente para la construcción de instrumentos (operacionalización de variables).

Para llegar a resultados específicos, que reflejen la realidad estudiada es indispensable validar el instrumento empleado, para tal propósito se efectuó una “Validación del instrumento” misma que involucro 4 etapas. Con ello se declara que la evaluación de la validez del contenido se hizo a través del juicio por expertos, la validez del constructo fue evaluada mediante una matriz de correlación ítems-total por el método de Pearson; en cuanto a la fiabilidad la evaluación fue realizada a través del cálculo del coeficiente de Cronbach, y en lo concerniente a la estabilidad fue realizado un análisis de concordancia a través del cálculo del coeficiente Kappa de Fleiss (k). En ese sentido la Figura 16 detalla explícitamente los 4 momentos aplicados para la validación del instrumento de esta investigación.

Figura 16. Etapas para la Validación del Instrumento.



Fuente: Basado en (Neumann-Collyer et al., 2023)

En lo que respecta al juicio por expertos, se pone de manifiesto que para la selección de los evaluadores fue requerida la formulación criterios de inclusión y

exclusión, los cuales fueron elaborados de acuerdo al criterio técnico. La Tabla 16 muestra los criterios que fueron considerados para dicha selección.

Tabla 16. *Criterios de inclusión (para juicio por expertos)*

Nº	Criterios de Inclusión
CI1	Tener en su haber un mínimo de tres artículos publicados.
CI2	Disponer de conocimientos y habilidades relacionadas al campo de estudio.
CI3	Poseer el grado académico de magíster
CI4	Experiencia laboral de mínimo 8 años.
CI5	Ser parte activa del claustro académico de la UPSE.

De manera similar para la construcción de los criterios de exclusión para el juicio de expertos fueron considerados características específicas que ameritaron el descarte de posibles evaluadores. La Tabla 17 presenta los criterios que de acuerdo al criterio técnico son que excluyentes para esta investigación.

Tabla 17. *Criterios de exclusión (para juicio por expertos)*

Nº	Criterios de Exclusión
CE1	Fecha de publicación del último artículo superior a los cinco últimos años.
CE2	No integrar la comunidad académica.
CE3	Inexperiencia como evaluador.
CE4	Estar en situación de conflicto de intereses.

2.6. Variables del estudio

En todas las investigaciones la catalogación de las variables (dependiente e independiente) en acción es un paso ineludible, ya que con ello se clarifica el papel que ejerce cada una de ellas dentro del estudio. En ese sentido es pertinente esclarecer que la variable independiente (VI) hace referencia a la causa, por otra parte, la variable dependiente (VD) alude al efecto que surge de la causa, por tanto, se expone que:

- **VI:** Producción de limón.
- **VD:** Cadena de suministro verde.

2.6.1. Operacionalización de las variables

En palabras de Arias Gonzáles, (2012) la operacionalización de las variables es entendida como un procedimiento de disgregación de las variables en los elementos que las constituyen, con el propósito de medirlas a través de una serie de métodos y técnicas. La Tabla 18 presenta los componentes (categoría, indicadores, técnicas e instrumentos) en los que fueron disgregados los conceptos abstractos de las variables dependiente e independiente de esta investigación, mostrándolas como términos concretos.

Tabla 18. Operacionalización de variables (independiente y dependiente)

Variable Independiente	Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Producción de limón	En lo concerniente a los cítricos, luego de las mandarinas y naranjas, a escala mundial el limón es considerado uno de los frutos que más se produce (Castaño et al., 2022b)	Producción	Costo de producción	<p>¿En qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos?</p> <p>¿Cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento? Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD.</p> <p>¿Cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores? Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD</p> <p>¿Qué tipo de contenedor emplea para empacar sus productos?</p>	Encuesta / Cuestionario
			Calidad del fruto	<p>¿Cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo?</p>	
			Rendimiento por plantación	<p>¿Qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos? A la fecha de realizada esta encuesta, ¿Cómo cataloga su producción?</p> <p>¿Cuántas unidades de producto empacado suministra aproximadamente al día, en esta temporada?</p>	Encuesta / Cuestionario
Variable Dependiente	Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos

Cadena de suministro verde	La Cadena de suministros verde (GSC, por sus siglas en inglés) es una estrategia de gestión ambiental, cuyo objetivo primordial es mitigar las repercusiones ambientales negativas generadas por las cadenas de suministros tradicionales (SC, por sus siglas en inglés) a través de la integración de prácticas con conciencia ambiental (Liu et al., 2024b)	Prácticas sostenibles	Reciclaje de residuos	¿Implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?	Encuesta/ Cuestionario
			Transporte sostenible	¿En sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables? ¿Actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?	Encuesta / Cuestionario
			Proveedores con conciencia ambiental	¿En la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?	Encuesta / Cuestionario
			Tecnologías Sostenibles	¿Tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde? ¿Ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?	Encuesta / Cuestionario

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

El proceso de investigación descrito en la Tabla 19 se articula directamente con el procedimiento para la recolección de datos planteado para este trabajo de titulación. En primer lugar, la identificación del entorno y las fuentes de información: en este caso, los productores de limón de la comuna Sinchal, corresponde a la selección de la población y muestra señalada en el segundo objetivo específico, donde se definen criterios claros para elegir los sujetos de estudio. En segundo lugar, la construcción y validación del cuestionario reflejan el desarrollo del marco metodológico robusto que contempla la elaboración de protocolos para garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos, tal como se detalla en el segundo objetivo. Finalmente, la aplicación metódica de las técnicas de recolección y la captura rigurosa de datos se vinculan con el tercer objetivo, que enfatiza la importancia de obtener información confiable para realizar el modelado y las simulaciones que permitirán optimizar la cadena productiva del limón en la comuna Sinchal. Así, el procedimiento de recolección es un pilar fundamental que sostiene todo el proceso investigativo, desde la revisión teórica hasta la generación de propuestas prácticas de mejora.

Tabla 19. Procedimiento para la recolección de datos

N°	Objetivos específicos	Procedimientos	Herramientas	Resultados esperados
1	OE1: Establecer un estado del arte a través de un mapeo sistemático de literatura para la comprensión de las variables de estudio.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mapeo sistemático de literatura 2. Bibliometría (Mapeo de concurrencia) 3. Diseño conceptual 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de la búsqueda 2. Ejecución de la búsqueda 3. Discusión de los resultados 4. VOSviewer 5. Base de datos 6. Protocolo metodológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender los avances y establecer el número de investigaciones • Se aplicó métodos de inclusión y de exclusión para establecer el número de documentos a ser tomado en consideración • Establecer el enfoque y determinar las técnicas e instrumentos con mayor importancia e influencia en el contexto de la cadena de suministro.
2	OE2: Estructurar un marco metodológico mediante métodos y técnicas de investigación para generación de un modelo de producción sostenible.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición del enfoque y diseño de la investigación 2. Protocolo final para la recolección de datos que permita la modelización 3. Plan de recolección de datos 4. Protocolo de validez y confiabilidad 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elección de la ruta y el protocolo de investigación para la solución del problema. 2. Determinación de la población teórica y selección de la muestra aplicando criterios de inclusión y exclusión. 3. Elección de métodos, técnicas e instrumentos tanto cualitativos y cuantitativos para la recolección de datos 4. Protocolo de medición para validez y fiabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar protocolo para la recolección de datos y propuesta de mejora
3	OE3: Realizar el modelado de la cadena de suministro verde, integrando los factores claves de la producción de limón en la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño del instrumento 2. Validez y verificación de la Fiabilidad 3. Aplicación de instrumentos y presentación de resultados 4. Optimización del sistema productivo del limón 5. Aplicación de MBA 6. Desarrollo de escenarios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 2. Pearson (r_{xy}). 3. Correlación de Pearson (r_{xy}). 4. Alfa de Cronbach 5. Simulación 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de datos obtenidos • Obtención de los resultados • Propuesta y de optimización del sistema productivo del limón • Simulación de escenarios con propuestas de mejora

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS

3.1. Diseño de los instrumentos

En este apartado se expone el método (operacionalización de variables) a través del cual fueron logrados cada uno de los instrumentos que permitirán el registro y organización de datos cuantitativos y cualitativos, correspondientes a las técnicas anteriormente referenciadas en el numeral 2.5 del capítulo II

3.1.1. *Diseño de los instrumentos para datos Cuantitativos*

Encuesta: El diseño del cuestionario que constituyó la encuesta se fundamenta en la matriz de operacionalización de variables descrita en el apartado 2.6.1, en donde la formulación de cada ítem surgió de la categorización y establecimiento de indicadores, dando origen a un documento escrito (cuestionario) de 14 preguntas estructuradas (ANEXO C).

Prueba objetiva: En lo que respecta al diseño del instrumento que conformó la prueba objetiva, fue formulado conforme al juicio del analista, dando origen a un cuestionario de 6 preguntas estructuradas, a través del cual se procuró la obtención de información referente al grado de conocimiento de los productores referente a la cadena de suministro verde.

3.1.2. *Diseño de los instrumentos Cualitativos*

Análisis documental: En lo concerniente al análisis documental este fue concretado en el capítulo I puntualmente en el apartado del estado del arte, donde fue revisada y categorizada la literatura existente en el contexto de la cadena de suministro verde

Observación Directa: El diseño del instrumento para la observación directa, fue una guía de observación (ANEXO A), misma que fue elaborada bajo el criterio del analista, cuyo formato estuvo constituido por dos columnas, la primera destinada para especificar los aspectos observados y la segunda para la descripción de lo observado.

3.2. Validación del instrumento de recolección de datos

En este apartado son expuestos los hallazgos logrados y los métodos que posibilitaron llegar a ellos, en ese sentido la recolección de datos jugó un papel fundamental ya que permitió la obtención de información relevante, precisa y de sumo interés para la presente investigación.

3.2.1. Etapa 1: Validez del contenido

La validez del contenido se efectuó a través del juicio por expertos, para ello fue necesaria la formulación de criterios de inclusión y exclusión (Tablas 17 y 17), a través de los cuales fueron filtrados 5 profesionales, cuyos perfiles se adecuaron a los criterios requeridos para efectuar esta actividad.

Para este propósito se estableció contacto con cada uno de los expertos escogidos, a los cuales les fue entregado el material impreso del formato para la validación del contenido del instrumento de recolección de datos (ANEXO D), la participación de los expertos consistió en evaluar y valorar el contenido de cada uno de los ítems que constituyeron el instrumento, basándose en el grado de pertinencia y adecuación de cada ítem, esto denotaría si el instrumento mide lo que se busca medir y también si es o no apropiado para la población para la que está dirigido.

La Tabla 20 expone las valoraciones asignadas por los expertos a cada uno de los 14 ítems en función del grado de pertinencia y adecuación, para dicha valoración fue empleada una escala tipo Likert, la cual tuvo una escala de valoración del 1 al 5, siendo sus equivalencias las siguientes: 1 = totalmente en desacuerdo; 2 = bastante en desacuerdo; 3 = un poco en desacuerdo; 4 = un poco de acuerdo; 5 = bastante de acuerdo y 6 = totalmente de acuerdo.

Bajo esta premisa se expone que las preguntas que promediaron valoraciones iguales o superiores a 4 fueron tomadas como válidas. Esto resultó en que las preguntas 1, 7, 10, 11, 13 y 14 recibieron valoraciones de 4 por lo tanto fueron consideradas como válidas, por otro lado, las preguntas 2, 3, 4, 5 y 6 obtuvieron valoraciones de 5 lo que las catalogó también como válidas. Revelando con ello un grado de acuerdo importante por parte de los expertos referente a los ítems presentados, de esta manera se demostró la validez del contenido del instrumento.

Tabla 20. *Validación del contenido por juicio de expertos*

ÍTEMS		VALORACIÓN DEL EXPERTO					VALIDACIÓN		
Nº	Aspectos Evaluados	Expertos					Suma de puntuaciones	Promedio de puntuaciones	SI/NO
		1	2	3	4	5			
1	Adecuación	3	5	4	4	5	21	4	Sí (4)
	Pertinencia	3	5	4	4	3	19	4	
2	Adecuación	3	5	5	5	5	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	3	5	5	5	23	5	
3	Adecuación	3	6	6	5	6	26	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	4	6	5	6	26	5	
4	Adecuación	3	5	5	4	6	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	5	3	4	6	23	5	
5	Adecuación	4	6	4	5	4	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	4	4	6	5	6	25	5	
6	Adecuación	3	6	4	4	6	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	4	4	4	6	23	5	
7	Adecuación	2	4	6	4	6	22	4	Sí (4)
	Pertinencia	2	4	6	6	4	22	4	
8	Adecuación	3	5	5	5	5	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	3	5	5	5	23	5	
9	Adecuación	3	5	5	5	5	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	3	5	5	5	23	5	
10	Adecuación	3	5	4	5	5	22	4	Sí (4)
	Pertinencia	5	3	4	5	5	22	4	
11	Adecuación	3	5	5	5	4	22	4	Sí (4)
	Pertinencia	5	3	5	5	4	22	4	
12	Adecuación	3	5	5	5	5	23	5	Sí (5)
	Pertinencia	5	3	5	5	5	23	5	
13	Adecuación	3	5	4	4	5	21	4	Sí (4)
	Pertinencia	5	3	4	4	5	21	4	
14	Adecuación	3	5	5	4	4	21	4	Sí (4)
	Pertinencia	5	3	5	4	4	21	4	

3.2.2. *Etapa 2: Validez del constructo*

Para validar el constructo se recurrió a la utilización de una matriz de correlación entre los ítems individuales y el total de la evaluación, con el método de Pearson. El coeficiente de Pearson revela la fuerza de relación o el grado en que cada uno de los ítems contribuye a la puntuación total. Para este propósito fueron consideradas las ponderaciones, detalladas en la Tabla 20. En relación con eso, la Tabla 21 muestra los valores de coeficiente de relación, resultantes de las correlaciones entre cada uno ítems y el total de la evaluación.

A ese respecto la Tabla 22 muestra la escala de valoración del coeficiente de correlación de Pearson. Con lo referido en la tabla se reveló que los 14 ítems evaluados se ubicaron dentro del rango $0.30 \leq |r_{xy}| < 0.50$, denotando con ello una correlación moderada entre cada uno de los ítems con la puntuación total.

Tabla 22. Escala de valoración del coeficiente de Pearson (r_{xy}).

Nº	Rango de valores de coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy})	Interpretación
1	$0.00 \leq r_{xy} < 0.10$	Correlación nula
2	$0.10 \leq r_{xy} < 0.30$	Correlación débil
3	$0.30 \leq r_{xy} < 0.50$	Correlación moderada
4	$0.50 \leq r_{xy} < 1.00$	Correlación fuerte

Nota: Basado en (Lalinde et al., 2018)

3.2.3. Etapa 3: Fiabilidad

La fiabilidad del instrumento se demostró a través del cálculo del coeficiente de Cronbach (α). Para el cálculo del coeficiente de Cronbach se empleó la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_t^2}{S_t^2} \right] \quad (1)$$

En donde:

α = Coeficiente de confiabilidad del instrumento.

K = Número de ítems del instrumento.

$\sum S_t^2$ = Sumatoria de las varianzas.

S_t^2 = Varianza total del instrumento.

Para dicha finalidad se trabajó con las ponderaciones anteriormente referenciadas en la Tabla 20. En línea con lo anterior la Tabla 23 muestra de manera pormenorizada datos referentes al número de ítems del instrumento (14), sumatoria de varianzas (6,00) y varianza total del instrumento (34,56), los cuales fueron indispensables para el cálculo del coeficiente de Cronbach.

Tabla 23. Datos para el cálculo del coeficiente de Cronbach (α).

Expertos	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9	Ítem 10	Ítem 11	Ítem 12	Ítem 13	Ítem 14	Suma de los ítems
1	3	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	53
2	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	61
3	4	5	6	4	5	4	6	5	5	4	5	5	4	5	67
4	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	65
5	4	5	6	6	5	6	5	5	5	5	4	5	5	4	70
Varianza por ítem	0.40	0.24	0.56	0.64	0.16	0.64	1.84	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.16	0.16	
Sumatoria de varianzas	6.00														
Varianza total del instrumento	34.56														

En consecuencia, al ser sustituidos los valores mostrados en la Tabla 23 en la fórmula (1), se obtuvo un coeficiente de Cronbach de 0,89.

$$\alpha = \frac{14}{14 - 1} \left[1 - \frac{6,00}{34,56} \right]$$

$$\alpha = 0,89$$

Respecto a esto la Tabla 24 muestra la escala de valoración para el coeficiente de Cronbach (α) y el grado de fiabilidad al que equivaldría. De acuerdo con la tabla, la cifra resultante $\alpha = 0,89$ estaría ubicada dentro del rango $0.7 < \alpha < 0.9$, lo cual denota una alta consistencia del conjunto de ítems presentados, y en simultaneo se demuestra con ello la fiabilidad del instrumento.

Tabla 24. Escala de valoración del coeficiente de Cronbach (α).

Nº	Valor del Coeficiente de Cronbach (α)	Grado de fiabilidad
1	$\alpha \leq 0$	Se trata de un problema grave en el diseño del cuestionario, por lo que el investigador debería revisar el formato del cuestionario previsto para la encuesta.
2	$0 < \alpha < 0.5$	Baja consistencia interna y, por tanto, poca interrelación entre ítems. Debe descartarse o revisarse.
3	$0.5 < \alpha < 0.7$	Consistencia interna y confiabilidad moderadas de un cuestionario determinado. Puede revisarse.
4	$\alpha = 0.7$	Coherencia interna y confiabilidad adecuadas de un cuestionario determinado.

5	$0.7 < \alpha < 0.9$	Alta consistencia interna y confiabilidad en un cuestionario determinado. Se puede revisar.
6	$0.9 < \alpha < 1.0$	Alta consistencia interna y confiabilidad en un cuestionario determinado.
7	$\alpha = 1.0$	Coherencia interna perfecta en un cuestionario determinado.

Nota: Basado en (Aithal & Aithal, 2020).

3.2.4. Etapa 4: Estabilidad

La Estabilidad del instrumento fue demostrada mediante un análisis de concordancia a través del cálculo del coeficiente Kappa de Fleiss (k). Cabe indicar que para el cálculo del coeficiente Kappa de Fleiss fue empleada la fórmula siguiente:

$$k = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (2)$$

Siendo que:

k = Coeficiente de estabilidad del instrumento.

p_o = Proporción de acuerdo observado entre los expertos.

p_e = Proporción de acuerdo esperado.

Adicionalmente, para el cálculo del coeficiente Kappa de Fleiss fue indispensable el uso de una segunda fórmula, misma que es categorizada como la fórmula para el cálculo de la proporción de acuerdo observado entre los expertos (p_o), misma que es descrita a continuación:

$$p_o = \frac{1}{N \times n \times (n - 1)} (\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k n_{ij}^2 - N \times n) \quad (3)$$

En donde:

p_o = Proporción de acuerdo observado entre los expertos.

N = Número de ítems evaluados.

n = Número de expertos.

$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k n_{ij}^2$ = Sumatoria del cuadrado de las calificaciones.

Para el cálculo del coeficiente Kappa de Fleiss fueron empleados los datos que se muestran en la Tabla 20, a este respecto en la Tabla 25 que prosigue se muestran los ítems sometidos a evaluación y la ocurrencia de las calificaciones, al efectuarse los cálculos correspondientes que se muestra explícitamente en la tabla se obtuvo la cantidad de 0,31 correspondiente a la proporción de acuerdo esperado, y la cifra de 326 correspondiente a la sumatoria del cuadrado de las calificaciones.

Tabla 25. Datos para el cálculo de coeficiente Kappa de Fleiss.

N°	Ítems (i)	Dimensiones	Expertos					Ocurrencia de las calificaciones (j)						$(n_{ij})^2$					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	(1) ²	(2) ²	(3) ²	(4) ²	(5) ²	(6) ²
1	¿Qué tipo de contenedor emplea para empacar sus productos?	Adecuación	3	5	4	4	5	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4	0
		Pertinencia	3	5	4	4	3	0	0	2	2	1	0	0	0	4	4	1	0
2	A la fecha de realizada esta encuesta, ¿Cómo cataloga su producción?	Adecuación	3	5	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
		Pertinencia	5	3	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
3	¿Cuántas unidades de producto empacado suministra aproximadamente al día, en esta temporada?	Adecuación	3	6	6	5	6	0	0	1	0	1	3	0	0	1	0	1	9
		Pertinencia	5	4	6	5	6	0	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4
4	¿Cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo?	Adecuación	3	5	5	4	6	0	0	1	1	2	1	0	0	1	1	4	1
		Pertinencia	5	5	3	4	6	0	0	1	1	2	1	0	0	1	1	4	1
5	¿En qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos?	Adecuación	4	6	4	5	4	0	0	0	3	1	1	0	0	0	9	1	1
		Pertinencia	4	4	6	5	6	0	0	0	2	1	2	0	0	0	4	1	4
6	¿Qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos?	Adecuación	3	6	4	4	6	0	0	1	2	0	2	0	0	1	4	0	4
		Pertinencia	5	4	4	4	6	0	0	0	3	1	1	0	0	0	9	1	1
7	¿Cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento?	Adecuación	2	4	6	4	6	0	1	0	2	0	2	0	1	0	4	0	4
		Pertinencia	2	4	6	6	4	0	1	0	2	0	2	0	0	1	0	4	0
8	¿Cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores?	Adecuación	3	5	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
		Pertinencia	5	3	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
9	¿Tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde?	Adecuación	3	5	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
		Pertinencia	5	3	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
10	¿En sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables?	Adecuación	3	5	4	5	5	0	0	1	1	3	0	0	0	1	1	9	0
		Pertinencia	5	3	4	5	5	0	0	1	1	3	0	0	0	1	1	9	0
11	¿En la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?	Adecuación	3	5	5	5	4	0	0	1	1	3	0	0	0	1	1	9	0
		Pertinencia	5	3	5	5	4	0	0	1	1	3	0	0	0	1	1	9	0
12	¿Implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?	Adecuación	3	5	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
		Pertinencia	5	3	5	5	5	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	16	0
13	¿Actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?	Adecuación	3	5	4	4	5	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4	0
		Pertinencia	5	3	4	4	5	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4	0
14	¿Ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?	Adecuación	3	5	5	4	4	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4	0
		Pertinencia	5	3	5	4	4	0	0	1	2	2	0	0	0	1	4	4	0
			Total Calificaciones (TC)	0	2	23	33	65	17	Total $(n_{ij})^2$			0	2	25	65	201	33	
			Sumatoria Total Calificaciones (STC)	140				$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K n_{ij}^2$			326								
			TC/STC	0.00	0.01	0.16	0.24	0.46	0.12										
			(TC/STC)²	0.00	0.00	0.03	0.06	0.22	0.01										
			Proporción de acuerdo esperado (p_e)	0.31	$\sum (TC/STC)^2$														

Al ser reemplazados en la fórmula (3) los valores correspondientes a el número de ítems evaluados ($N = 14$), número de expertos ($n = 5$), sumatoria del cuadrado de las calificaciones ($\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k n_{ij}^2 = 326$), se obtuvo la cifra de 0,91 correspondiente a la porción de acuerdo observado entre los expertos (p_o).

$$p_o = \frac{1}{14 \times 5 \times (5 - 1)} (326 - 14 \times 5)$$

$$p_o = 0,91$$

Al sustituirse en la fórmula (2), la cantidad correspondiente a la proporción de acuerdo observado entre los expertos ($p_o = 0,91$), en conjunto con la cifra perteneciente a la porción de acuerdo esperado ($p_e = 0,31$) referenciada en la Tabla 25. Al efectuarse las operaciones correspondientes se revela un coeficiente Kappa de Fleiss de $k = 0,87$.

$$k = \frac{0,91 - 0,31}{1 - 0,31}$$

$$k = 0,87$$

En ese sentido la Tabla 26 expone la escala de valoración del coeficiente Kappa (k), la cual es empleada con regularidad para determinar la fuerza de concordancia entre expertos sobre los ítems. Basado en lo expuesto en la tabla referida, es permitido inferir que la fuerza de acuerdo de los expertos sobre los ítems presentados es casi perfecta, esto dado a que el coeficiente resultante fue de $k = 87$, mismo que se ubica en la posición más alta de la escala (0,81 – 1,00), denotando a la vez con ello una elevada estabilidad en el instrumento.

Tabla 26. Escala de valoración del coeficiente de Kappa de Fleiss.

Nº	Coeficiente Kappa	Fuerza de la concordancia
1	0.00	Pobre (Poo)
2	0.01 - 0.20	Leve (Slight)
3	0.21 - 0.40	Aceptable (Fair)
4	0.41 - 0.60	Moderada (Moderate)
5	0.61 - 0.80	Considerable (Substantial)
6	0.81 - 1.00	Casi Perfecta (Almost perfect)

Nota: Basado en (Cerde & Villarroel, 2008).

3.3. Resultados de las técnicas aplicadas

En lo concerniente a la técnica de *observación directa*, para propósitos del levantamiento de información fueron efectuadas varias visitas a las principales plantaciones de cada uno de los estratos referenciados previamente en la Figura 12, siendo 3 los principales aspectos observados, el *recipiente empleado para el empaque, traslado del producto y la asociatividad entre productores*; esto permitió al analista evidenciar que, en lo referente al recipiente empleado para el empaque, los productores de limón de la comuna Sinchal optan por el uso de sacos de arpilla para el empaque del producto; por otra parte, en lo concerniente al traslado del producto, después de finalizado el empaque en los sacos de arpilla estos son trasladados desde las plantaciones hasta un almacenamiento temporal, del cual posteriormente son transportados hasta el distribuidor; en cuanto a la asociatividad entre productores fue constatable la existencia de cooperación entre cierto grupo de productores para gestionar el traslado de sus productos en el tramo que comprende el punto de almacenamiento temporal hasta el punto de embarque (distribuidores), aunado a ello se evidencio también que en el mismo tramo antes referido otro grupo de productores efectuaban el traslado de sus productos de manera autónoma.

En cuanto al *análisis documental*, durante las visitas efectuadas a las plantaciones se constató la existencia de documentación básica, a la cual recurren los productores de limón de la comuna Sinchal para el registro de su producción, de la cual posterior a una revisión fueron extraídos datos referentes a, cantidad de sacos de arpilla con limón disponibles para embarque, por día, semana y mes.

Con respecto a la *prueba objetiva*, fue empleada principalmente para determinar en qué medida los productores de limón de la comuna Sinchal empleaban prácticas de sostenibilidad ambiental en sus sistemas de producción actual. Los sujetos escogidos para la realización de las pruebas objetivas fueron 3, los cuales a la fecha de realizada esta investigación son los dirigentes de la “Asociación de agricultores y citricultores de Sinchal”. Los resultados de dicha prueba revelaron que en ninguna medida los productores emplean practicas benignas con el medio ambiente en sus actuales sistemas productivos.

Por otra parte, con respecto a la *encuesta*, para este efecto los sujetos encuestados fueron 31 en concordancia con lo expuesto en la Tabla 13, siendo así que solo a través de

la encuesta fueron obtenidos datos específicos e indispensable para la construcción del modelado actual del sistema productivo.

Los resultados logrados a través de la técnica aplicada (encuesta) reflejaron que en lo concerniente a qué tipo de contenedor emplea para el empaque de sus productos, los datos mostraron que en una encuesta de 31 personas el 74.19% declaro sacos de arpillera como contenedor para empacar los productos, mientras que 25.81% señalo gavetas plásticas como contenedor para empacar los productos.

En lo referente a como cataloga su producción, a la fecha de realizada la encuesta los datos revelaron que, el 83.87% de los participantes en la encuesta indicaron producción media alta como el tipo de producción a la fecha de realizada la encuesta, por otro lado, el 16,13% de los encuestados señalo producción media baja como tipo de producción a la fecha de realizada la encuesta.

Respecto de cuántas unidades de producto empacado son suministradas aproximadamente al día, en esta temporada, los hallazgos mostraron que, el 83,87% sostuvo suministrar 7 unidades de producto empacado al día, el 9,68% revelo suministrar 3 unidades de producto empacado al día, mientras que el 6,45% señalo suministrar 2 unidades de producto empacado al día.

En cuanto a, cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo, los datos proporcionaron evidencia que, el 100% de los participantes en la encuesta declararon, plantaciones, almacenamiento y distribuidores, como eslabones constituyentes de su sistema productivo.

Acerca de, en qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos, los hallazgos reflejaron que, el 64,52% de los encuestados indico tramo almacenamiento – distribuidores, mientras que el 35,48% de los encuestados declaro en ningún tramo del sistema productivo.

En lo concerniente a, qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos, los resultados revelaron que, el 64,52% de los encuestados señalaron exteriores de la zona de plantación como lugar de almacenamiento, por otra parte, el 35,48% de los encuestados indico casa como lugar de almacenamiento.

En lo que respecta a, cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento, los hallazgos evidenciaron que, de los 31 participantes en la encuesta el 100% de ellos señalaron \$0,50 como costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento.

Respecto de, cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores, los datos reflejaron que, 64,52% de los encuestados señalaron \$ 0,50 como costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores; mientras que, 35,48% de los encuestados señalaron \$ 1,00 como costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores.

En cuanto a la pregunta 9 ¿tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde?, los hallazgos evidenciaron que, el 9,68% de los encuestados contestaron no; en tanto que el 90,32% restante de los participantes respondieron definitivamente no.

A cerca de la pregunta 10 ¿en sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables?, los datos revelaron que, el 22,58% de los participantes contestaron no; en cambio el 77,42% faltante de los encuestados respondieron definitivamente no.

En lo que respecta a la pregunta 11 ¿en la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?, los resultados reflejaron que, el 16,13% de los encuestados contestaron no; por otro lado, el 83,87% restante de los participantes respondieron definitivamente no.

En lo concerniente a la pregunta 12 ¿implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?, los hallazgos evidenciaron que, el 25, 81% de los participantes respondieron no; mientras que, el 74,19% faltante de los encuestados contestaron definitivamente no.

Respecto de la pregunta 13 ¿actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?, los datos revelaron que, el 35,48% de los encuestados contestaron no; en tanto que, el 64,52% restante de los participantes respondieron definitivamente no.

En lo que respecta a la pregunta 14 ¿ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?, los resultados reflejaron que, el 54,84% de los participantes respondieron sí; por otra parte, el 45,16% faltante de los encuestados respondieron no.

En línea con lo anterior la Tabla 27 expone la distribución de frecuencias de las respuestas proporcionadas por los encuestados, presentando explícitamente las veces que cada respuesta fue referida. Siendo que las respuestas iguales o superiores a 3 hacen alusión a que el sistema tiene un buen desenvolvimiento y no necesita mejorar, por otro lado, aquellas iguales o inferiores a 2 aluden a que el sistema no funciona adecuadamente y necesita ser mejorado, para tal propósito se empleó la siguiente escala de Likert:

- 1 = Definitivamente necesita mejorar.
- 2 = Necesita mejorar
- 3 = Funciona bien, pero podría mejorar.
- 4 = Funciona bien, no necesita mejorar.

Tabla 27. Distribución de frecuencias de las respuestas

Ítems	Calificación			
	1	2	3	4
1. ¿Qué tipo de contenedor emplea para empacar sus productos?	8	23	-	-
2. A la fecha de realizada esta encuesta, ¿Cómo cataloga su producción?	-	5	26	-
3. ¿Cuántas unidades de producto empacado suministra aproximadamente al día, en esta temporada?	2	26	3	-
4. ¿Cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo?	-	-	-	31
5. ¿En qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos?	11	20	-	-
6. ¿Qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos?	11	-	20	-

7. ¿Cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento? Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD.	-	-	-	31
8. ¿Cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores? Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD.	-	-	11	20
9. ¿Tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde?	28	3	-	-
10. ¿En sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables?	24	7	-	-
11. ¿En la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?	26	5	-	-
12. ¿Implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?	23	8	-	-
13. ¿Actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?	20	11	-	-
14. ¿Ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?	-	14	17	-
Total	152	122	77	82

La información expuesta en la Tabla 27 revela que una proporción significativa de respuestas se concentraron mayormente en las opciones 1 (Definitivamente necesita mejorar) y 2 (Necesita mejorar). La predominancia de estas respuestas con 152 (35,1%) y 122 (28,2%) respectivamente, representando el 63,3%, esto sugiere que el sistema tiene deficiencias y en definitiva debe ser mejorado.

3.3.1. Diagnóstico del sistema productivo del limón

El análisis preliminar realizado al sistema productivo del limón de la Comuna Sinchal, de la parroquia Manglaralto, del cantón Santa Elena, de la provincia del mismo nombre, reveló que está siendo significativamente afectado por una diversidad de problemas, los cuales son enlistados a continuación:

1. Falta de un lugar de almacenamiento adecuado.

2. Incorrecta manipulación del producto.
3. Costos de traslado del producto elevados.
4. Falta de cooperación entre productores.
5. Ineficiencias en la planificación de producción.
6. Vías de acceso de difícil tránsito.
7. Problemas vinculados a cuestiones ambientales.

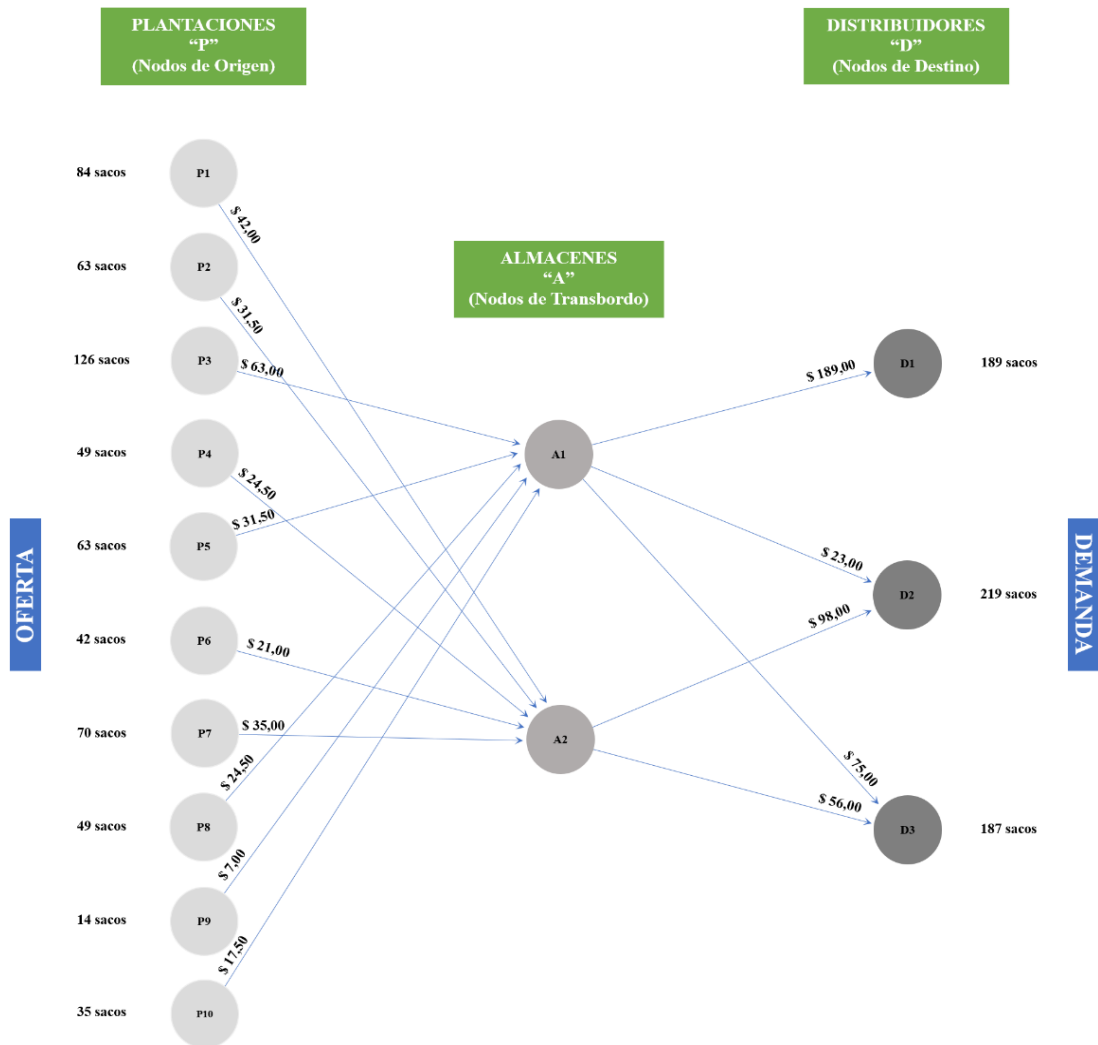
3.4. Propuesta de optimización para el sistema productivo del limón

El sistema productivo del limón de la Comuna Sinchal, se desenvuelve en 2 escenarios, diferenciados entre sí por la presencia o ausencia de un modelo colaborativo entre los actores involucrados. El primer escenario se desarrolla bajo un modelo de asociatividad entre productores para gestionar el traslado de productos hasta el almacén “A2”, por otro lado, en el segundo escenario el traslado de productos es gestionado de forma individual por parte de cada uno de los productores hasta el almacén “A1”.

En virtud de lo antes expuesto se expone que el sistema productivo de la comuna Sinchal fue estudiado desde la perspectiva de los dos escenarios anteriormente referenciados. En concordancia con esto, se expone que el sistema productivo de la comuna Sinchal está constituido por 85 plantaciones productoras de limón, dispuestas en P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 y P10, en donde posterior a la cosecha los productos generados en dichas plantaciones son trasladados hasta los almacenes temporales A1 (ausencia de modelo colaborativo) o A2 (presencia de modelo colaborativo). Consecuentemente el producto es embarcado y transportado hasta los distribuidores mayoristas D1, D2, D3. Siendo el costo total del sistema de \$ 22.155,00.

La Figura 17 es una representación gráfica del modelo actual del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal, en ella se visualiza una red de nodos y conexiones que muestran el flujo de productos desde las plantaciones (Nodo de Origen) hasta los almacenes (Nodo de Transbordo) y de allí hasta los distribuidores (Nodo de destino). Adicionalmente en el lateral izquierdo se muestran datos pertenecientes a las cantidades ofertadas y en el lateral derecho datos correspondientes a las cantidades demandadas, además se indica en cada conexión el costo monetario incurrido en el traslado del total de unidades (sacos de arpilla con limón). Se esclarece también que todos los datos presentados corresponden a un día de trabajo.

Figura 17. Modelo actual del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal.



La Tabla 28 hace alusión a los costos monetarios incurridos en el traslado de una sola unidad (saco de arpilla con limón), desde las plantaciones (nodos de origen) hasta los almacenes (nodos de transbordo). Cabe indicar que al almacén “A” solo llegan los productos de aquellos productores que operan en asociación con otros productores para gestionar el traslado de sus productos.

Tabla 28. Costo monetario por unidad

Plantaciones “P” (Nodos de Origen)	Almacenes “A” (Nodos de Transbordo)	
	A1	A2
P1	-	0.5
P2	-	0.5
P3	0.5	-

[Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD]

P4	-	0.5
P5	0.5	-
P6	-	0.5
P7	-	0.5
P8	0.5	-
P9	0.5	-
P10	0.5	-

La Tabla 29 es correspondiente a los costos monetarios asociados al traslado de una sola unidad (saco de arpilla con limón de 40kg), desde los almacenes (nodos de transbordo) hasta los distribuidores (nodos de destino). Siendo que el costo monetario incurrido en el traslado de un saco de arpilla con limón de 40kg desde el primer almacén A1 hasta D1 es de \$1.00; desde A1 hasta D2 es de \$1.00 y desde A1 hasta D3 es de \$1.00; por otro lado, el costo monetario incurrido en el traslado de un saco de arpilla con limón de 40kg desde el segundo almacén A2 hasta D2 es de \$0.50 y desde A2 hasta D3 es de \$0.50.

Con los datos expuestos en la tabla es fácil constatar que al establecerse un modelo de cooperación entre agricultores el costo de traslado por unidad transportada desde el almacén A2 (nodo de transbordo) hasta los distribuidores D2 y D3 (nodos de destino) se reduce significativamente, lo que se traduce en beneficios económicos para los productores.

Tabla 29. Costo monetario por unidad transportada desde los nodos de transbordo hasta los nodos de destino.

Almacenes "A" (Nodo de Transbordo)	Distribuidores "D" (Nodo de Destino)		
	<i>[Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD]</i>		
	D1	D2	D3
A1 <i>(sin asociación)</i>	1.00	1.00	1.00
A2 <i>(en asociación)</i>	-	0.5	0.5

3.4.1. Optimización del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal

La optimización del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal fue lograda a través de la aplicación del método matemático de programación lineal y con ello estuvo implícita la *definición del problema*, la *construcción del modelo matemático*

y la implementación de un software adecuado para el *procesamiento del modelo matemático* (Boirivant, 2009).

3.4.1.1 Definición del problema

Problema:

Se busca determinar la cantidad optima de unidades que deberían ser transportadas desde los puntos de origen (plantaciones) hasta los puntos de destinos (distribuidores), transitando por puntos de transbordo (almacenes), con costos de traslado mínimos. Esto se traduce en una optimización del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal.

3.4.1.2 Construcción del modelo matemático

Función Objetivo lineal del sistema:

$$Z_{\min} = x_{P1,A2} + x_{P2,A2} + x_{P3,A1} + x_{P4,A2} + x_{P5,A1} + x_{P6,A2} + x_{P7,A2} + x_{P8,A1} + x_{P9,A1} \\ + x_{P10,A1} + x_{A1,D1} + x_{A1,D2} + x_{A1,D3} + x_{A2,D2} + x_{A2,D3}$$

Función Objetivo lineal incluyendo los costos asociados del sistema:

$$Z_{\min} = c_{P1,A2} * x_{P1,A2} + c_{P2,A2} * x_{P2,A2} + c_{P3,A1} * x_{P3,A1} + c_{P4,A2} * x_{P4,A2} + c_{P5,A1} \\ * x_{P5,A1} + c_{P6,A2} * x_{P6,A2} + c_{P7,A2} * x_{P7,A2} + c_{P8,A1} * x_{P8,A1} \\ + c_{P9,A1} * x_{P9,A1} + c_{P10,A1} * x_{P10,A1} + c_{A1,D1} * x_{A1,D1} + c_{A1,D2} * x_{A1,D2} \\ + c_{A1,D3} * x_{A1,D3} + c_{A2,D2} * x_{A2,D2} + c_{A2,D3} * x_{A2,D3}$$

Función Objetivo lineal incluyendo las cifras numéricas equivalentes a los costos asociados del sistema:

$$Z_{\min} = 42x_{P1,A2} + 31.50x_{P2,A2} + 63x_{P3,A1} + 24,50x_{P4,A2} + 31,50x_{P5,A1} + 21x_{P6,A2} \\ + 35x_{P7,A2} + 24,50x_{P8,A1} + 7x_{P9,A1} + 17,50x_{P10,A1} + 189x_{A1,D1} \\ + 23x_{A1,D2} + 75x_{A1,D3} + 98x_{A2,D2} + 56x_{A2,D3}$$

Restricciones impuestas al modelo

Restricciones de Oferta

$$x_{P1,A2} \leq 84$$

$$\begin{aligned}
x_{P2,A2} &\leq 63 \\
x_{P3,A1} &\leq 126 \\
x_{P4,A2} &\leq 49 \\
x_{P5,A1} &\leq 63 \\
x_{P6,A2} &\leq 42 \\
x_{P7,A2} &\leq 70 \\
x_{P8,A1} &\leq 49 \\
x_{P9,A1} &\leq 14 \\
x_{P10,A1} &\leq 35
\end{aligned}$$

Restricciones de Transbordo

$$\begin{aligned}
x_{P3,A1} + x_{P5,A1} + x_{P8,A1} + x_{P9,A1} + x_{P10,A1} &= x_{A1,D1} + x_{A1,D2} + x_{A1,D3} \\
x_{P3,A1} + x_{P5,A1} + x_{P8,A1} + x_{P9,A1} + x_{P10,A1} - x_{A1,D1} - x_{A1,D2} - x_{A1,D3} &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_{P1,A2} + x_{P2,A2} + x_{P4,A2} + x_{P6,A2} + x_{P7,A2} &= x_{A2,D2} + x_{A2,D3} \\
x_{P1,A2} + x_{P2,A2} + x_{P4,A2} + x_{P6,A2} + x_{P7,A2} - x_{A2,D2} - x_{A2,D3} &= 0
\end{aligned}$$

Restricciones de Demanda

$$\begin{aligned}
x_{A1,D1} &= 189 \\
x_{A1,D2} + x_{A2,D2} &= 219 \\
x_{A1,D3} + x_{A2,D3} &= 187
\end{aligned}$$

3.4.1.3 Procesamiento del modelo a través del software

Una vez finalizada la construcción del modelo matemático de programación lineal conformado por la función objetivo y las restricciones impuestas al modelo, declaradas anticipadamente en el numeral 3.3.1.2, se llevó a cabo el ingreso del modelo estructurado en el software LINGO 19.0, a través de un proceso de entrada directa de información, para la adecuada lectura y procesamiento de datos, la Figura 18 que prosigue es correspondiente al argumento antes expuesto.

Figura 18. Formulación del modelo de programación lineal en el software Lingo 19.0.

En la Tabla 30 que es mostrada posteriormente se presenta el reporte emitido por el software Lingo 19.0. Se indica además que el análisis de los resultados fue realizado por tramos, con el propósito de lograr una interpretación ordenada y detallada de los resultados.

Tabla 30. Resultados emitidos por el software Lingo 19.0

Resultados del software	Observaciones
	<p>Lo primero que se revela en el reporte es el valor óptimo (\$17200) resultante de la optimización de la función objetivo, se muestra también el número de iteraciones (11) realizadas por el software para resolver el modelo.</p>
	<p>En el segundo segmento se informa que el modelo analizado es de programación lineal (LP por sus siglas en inglés), y que está constituido por 28 variables, se indica también el total de restricciones que se han definido en el modelo optimizado (16).</p>

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
PRODUCCION (P1)	84.00000	0.000000
PRODUCCION (P2)	63.00000	0.000000
PRODUCCION (P3)	126.00000	0.000000
PRODUCCION (P4)	49.00000	0.000000
PRODUCCION (P5)	63.00000	0.000000
PRODUCCION (P6)	42.00000	0.000000
PRODUCCION (P7)	70.00000	0.000000
PRODUCCION (P8)	49.00000	0.000000
PRODUCCION (P9)	14.00000	0.000000
PRODUCCION (P10)	35.00000	0.000000

En el tercer segmento, en la columna Value se detallan las cantidades producidas de sacos de arpilla con limón de las distintas plantaciones (nodos de origen), se muestra además en la columna Reduced Cost el costo reducido asociada a cada variable.

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
CAPACIDAD (A1)	0.000000	0.000000
CAPACIDAD (A2)	0.000000	0.000000

En el cuarto segmento en la columna Value se describe la capacidad en cada almacén, además se muestra en la columna Reduced Cost la cantidad reducida en cada almacén.

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
DEMANDA (D1)	189.00000	0.000000
DEMANDA (D2)	219.00000	0.000000
DEMANDA (D3)	187.00000	0.000000

Seguidamente en el quinto segmento, en la columna Value se describe la cantidad demandada de producto por los distintos distribuidores (nodos de destino)

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
COSTO1 (P1, A1)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P1, A2)	42.000000	0.000000
COSTO1 (P2, A1)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P2, A2)	31.500000	0.000000
COSTO1 (P3, A1)	63.000000	0.000000
COSTO1 (P3, A2)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P4, A1)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P4, A2)	24.500000	0.000000
COSTO1 (P5, A1)	31.500000	0.000000
COSTO1 (P5, A2)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P6, A1)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P6, A2)	21.000000	0.000000
COSTO1 (P7, A1)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P7, A2)	35.000000	0.000000
COSTO1 (P8, A1)	24.500000	0.000000
COSTO1 (P8, A2)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P9, A1)	7.000000	0.000000
COSTO1 (P9, A2)	0.000000	0.000000
COSTO1 (P10, A1)	17.500000	0.000000
COSTO1 (P10, A2)	0.000000	0.000000

En el segmento seis, en la columna Value se detallan de manera pormenorizada los costos incurridos en el traslado de productos (sacos de arpilla con limón) desde las plantaciones (nodos de origen) hasta los almacenes (nodos de transbordo).

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
CANTIDAD1 (P1, A1)	84.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P1, A2)	0.000000	23.000000
CANTIDAD1 (P2, A1)	63.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P2, A2)	0.000000	12.500000
CANTIDAD1 (P3, A1)	0.000000	82.000000
CANTIDAD1 (P3, A2)	126.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P4, A1)	49.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P4, A2)	0.000000	5.500000
CANTIDAD1 (P5, A1)	0.000000	50.500000
CANTIDAD1 (P5, A2)	63.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P6, A1)	42.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P6, A2)	0.000000	2.000000
CANTIDAD1 (P7, A1)	70.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P7, A2)	0.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P8, A1)	0.000000	49.500000
CANTIDAD1 (P8, A2)	49.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P9, A1)	0.000000	24.000000
CANTIDAD1 (P9, A2)	14.000000	0.000000
CANTIDAD1 (P10, A1)	0.000000	34.500000
CANTIDAD1 (P10, A2)	35.000000	0.000000

En el séptimo segmento se detalla la cantidad de producto que debería ser enviado desde las plantaciones hasta los almacenes, es así que solo serán incluidas en el modelo optimo aquellas cantidades que en la columna Value sean diferentes de cero, adicionalmente en la columna Reduced Cost se indica el costo que se reduciría.

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN]

Variable	Value	Reduced Cost
COSTO2 (A1, D1)	189.00000	0.000000
COSTO2 (A1, D2)	21.000000	0.000000
COSTO2 (A1, D3)	75.000000	0.000000
COSTO2 (A2, D1)	0.000000	0.000000
COSTO2 (A2, D2)	98.000000	0.000000
COSTO2 (A2, D3)	56.000000	0.000000

En el octavo segmento, en la columna Value son descritos los costos incurridos en el traslado de productos (sacos de arpilla con limón de 40kg), desde los almacenes (nodos de transbordo) hasta los distribuidores (nodos de destino), tal es que, solo serán consideradas en el modelo optimizado aquellas cantidades distintas a cero.

Solution Report - Lingo1-MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO DE LIMÓN		
CANTIDAD (A1, D1)	0.000000	170.0000
CANTIDAD (A1, D2)	219.0000	0.000000
CANTIDAD (A1, D3)	89.00000	0.000000
CANTIDAD (A2, D1)	189.0000	0.000000
CANTIDAD (A2, D2)	0.000000	94.00000
CANTIDAD (A2, D3)	96.00000	0.000000

Finalmente, en el noveno segmento en la columna Value se especifica las cantidades de producto (sacos de arpilla con limón de 40kg) que deberían ser suministradas desde cada uno de los almacenes (nodos de transbordo) hasta los distintos distribuidores (nodos de destino), de modo que solo serán admitidas en el modelo optimizado aquellas cantidades diferentes a cero, adicionalmente en la columna Reduced Cost es indicado el costo que sería reducido con ese cambio.

En la Tabla 31 que prosigue de manera pormenorizada son presentadas las cantidades óptimas de producto (sacos de arpilla con limón de 40kg) que cada una de las plantaciones (nodos de origen) deberían suministrar a los distintos almacenes (nodos de transbordo).

Concretamente el sistema optimizado expone que sería conveniente suministrar 84 sacos de arpilla con limón desde P1 hasta A1; 63 sacos de arpilla con limón desde P2 hasta A1; 126 sacos de arpilla con limón desde P3 hasta A2; 49 sacos de arpilla con limón desde P4 hasta A1; 63 sacos de arpilla con limón desde P5 hasta A2; 42 sacos de arpilla con limón desde P6 hasta A1; 70 sacos de arpilla con limón desde P7 hasta A1; 49 sacos de arpilla con limón desde P8 hasta A2; 14 sacos de arpilla con limón desde P9 hasta A2 y 35 sacos de arpilla con limón desde P10 hasta A1.

Tabla 31. Cantidad de producto óptima a transportar desde los nodos de origen hasta los nodos de transbordo

Plantaciones “P” (Nodos de Origen)	Almacenes “A” (Nodos de Transbordo)	
	[Expresado en sacos de arpilla de 40 kg]	
	A1	A2
P1	84	-
P2	63	-
P3	-	126
P4	49	-
P5	-	63

P6	42	-
P7	70	-
P8	-	49
P9	-	14
P10	-	35

En la Tabla 32 que se presenta a continuación son expuestas de manera detallada las cantidades de producto (sacos de arpilla con limón de 40kg) óptimas que cada uno de los almacenes A1 y A2 (nodos de transbordo) deberían transportar a los distintos distribuidores (nodos de destino) D1, D2 y D3, de acuerdo a la información revelada en el reporte arrojado por el software LINGO 19.0

El sistema optimizado revelo que en el tramo A – D, concretamente desde A1 hasta D2 convendría transportar 219 sacos de arpilla con limón de 40kg. De manera similar desde A1 hasta D3 convendría trasladar 89 sacos de arpilla con limón. En lo que corresponde A2 hasta D1 convendría ser transportados 189 sacos de arpilla con limón desde. Y por último desde A2 hasta D3 sería conveniente trasladar 98 sacos de arpilla con limón de 40kg.

Tabla 32. Cantidad de producto óptima a transportar desde los nodos de transbordo hasta los nodos de destino

Almacenes “A” (Nodos de Transbordo)	Distribuidores “D” (Nodos de Destino) <i>[Expresado en sacos de arpilla de 40 kg]</i>		
	D1	D2	D3
A1	-	219	89
A2	189	-	98

3.4.2. Análisis comparativo de la optimización

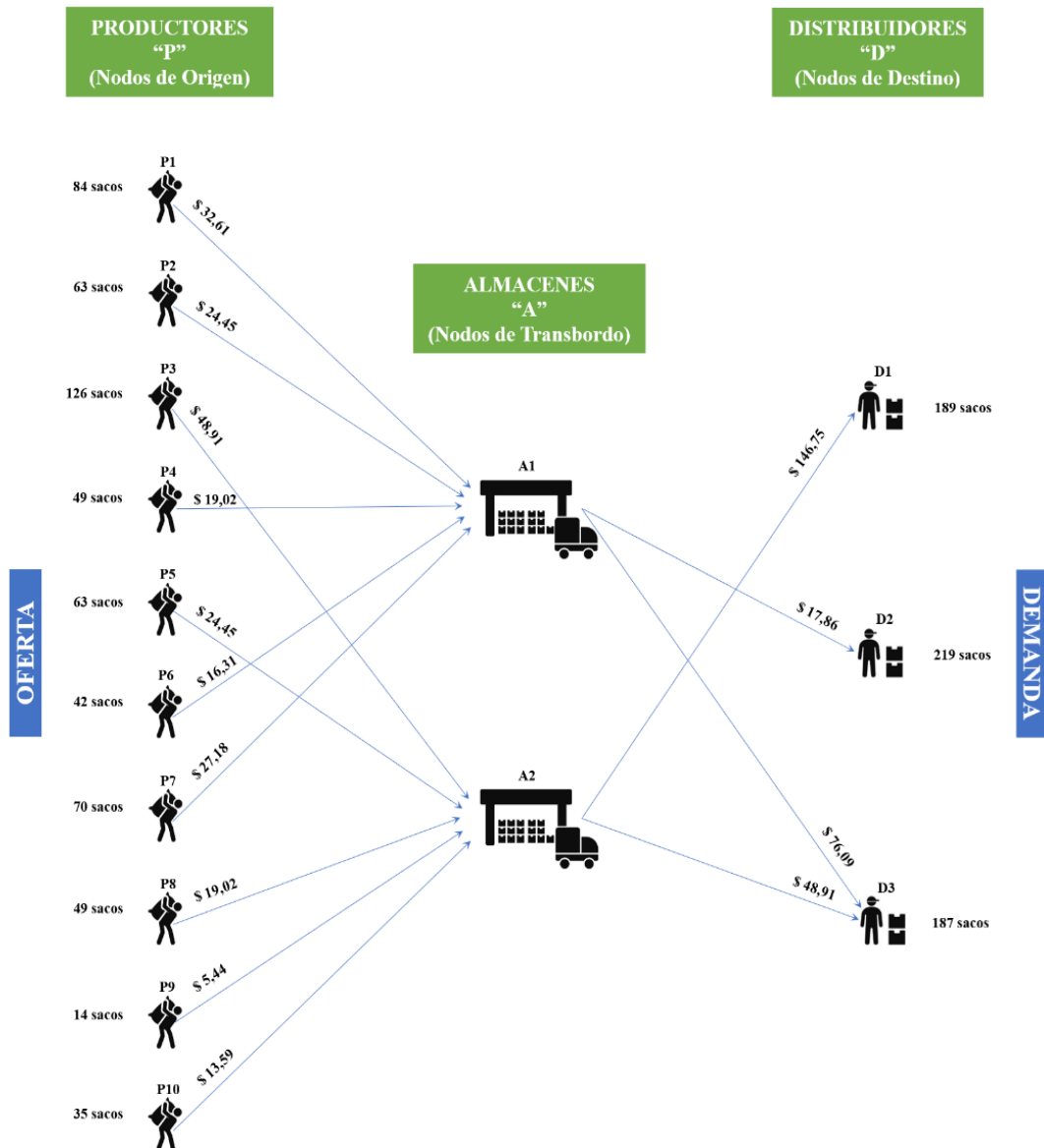
De acuerdo a los nuevos datos generados por el software LINGO 19.0, tras la lectura y procesamiento de la información, se lograría una optimización (reducción) significativa en términos monetarios de \$17.200,00. Al contrastar los costos incurridos en el traslado de productos del sistema actual (\$ 22.155,00) con el sistema propuesto (\$17.200,00), es permitido inferir que se alcanzaría un ahorro sustancial de \$ 4.955,00, lo que denotaría una reducción del 22,36%.

$$\$ 22.155,00 - \$ 17.200,00 = \$4.955,00$$

$$\frac{\$ 4.955,00}{\$ 22.155,00} \times 100 = 22,36\%$$

La Figura 19 es la representación gráfica de la optimización del sistema de productivo de limón de la comuna Sinchal, lograda a través del método matemático de programación lineal. En la figura se revelan las rutas de traslado que convendría adoptar, incluyendo en el lateral izquierdo las cantidades de producto que deberían ser suministradas por las distintas plantaciones, de manera similar, en el lateral derecho se muestran las cantidades de producto que llegarían a los distintos distribuidores.

Figura 19. Optimización del sistema de producción de limón de la comuna Sinchal

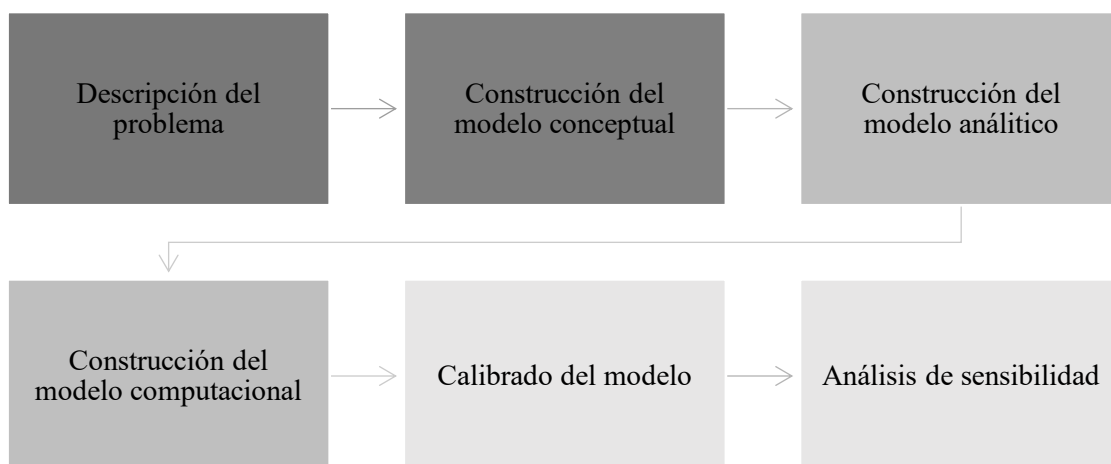


3.4.3. Modelación del sistema basada en agentes

Posterior a presentar la propuesta de optimización del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal, efectuada mediante la implementación del método matemático de programación lineal en el que fueron optimizadas las rutas de transporte del sistema y se hubo además determinado la cantidad optima de unidades que deberían ser transportadas desde los puntos de origen, hasta los puntos de destino pasando por puntos de transbordo, se procedió a incorporar métricas de sostenibilidad al modelo optimizado por medio de la modelación de sistemas complejos basada en agentes.

Para la modelación del sistema basada en agentes, la investigación se basó en la metodología propuesta por Caselles Moncho, (2008), misma que fue adaptada y simplificada en función de los requerimientos de la investigación. La Figura 20 muestra el proceso modelizador constituido por 6 pasos, en el que se soporta la modelización basada en agentes del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal optimizado, adicionando métricas de sostenibilidad.

Figura 20. Proceso modelizador basado en agentes del sistema



3.4.3.1 Descripción del problema

En primera instancia fueron identificadas las debilidades dentro del sistema productivo del limón, a las cuales consecuentemente les fueron aplicadas estrategias de optimización. Aun cuando a través de la optimización se dio lugar a mejoras

considerables en términos de reducción de costos y preservación de la calidad del producto, el modelo resulta insuficiente visto desde la perspectiva de la sostenibilidad.

Particularmente al sistema productivo de limón suele vinculársele con varias prácticas que derivan en impactos ambientales negativos como, el transporte del producto, dado a que en el desarrollo de esta práctica tienden a liberarse gases de efecto invernadero, concretamente cuando para el traslado del producto son empleados vehículos a motor.

Otra práctica generadora de impactos ambientales negativos que suele asociársele al sistema productivo de limón es, el uso intensivo de agua, usualmente este tipo de cultivo requiere cantidades considerables de agua, esto es aún más notable en zonas que experimentan un clima tropical seco como es el caso de la comunidad de Sinchal, esto desencadenaría en la sobreexplotación del recurso hídrico, comprometiendo con ello la disponibilidad del líquido vital para otros usos.

El uso intensivo del suelo conectado al agotamiento de los nutrientes y el uso de fertilizantes y pesticidas químicos ligados a la generación de gases de efecto invernadero, son otras prácticas generadoras de impactos ambientales negativos comúnmente asociadas al sistema productivo de limón.

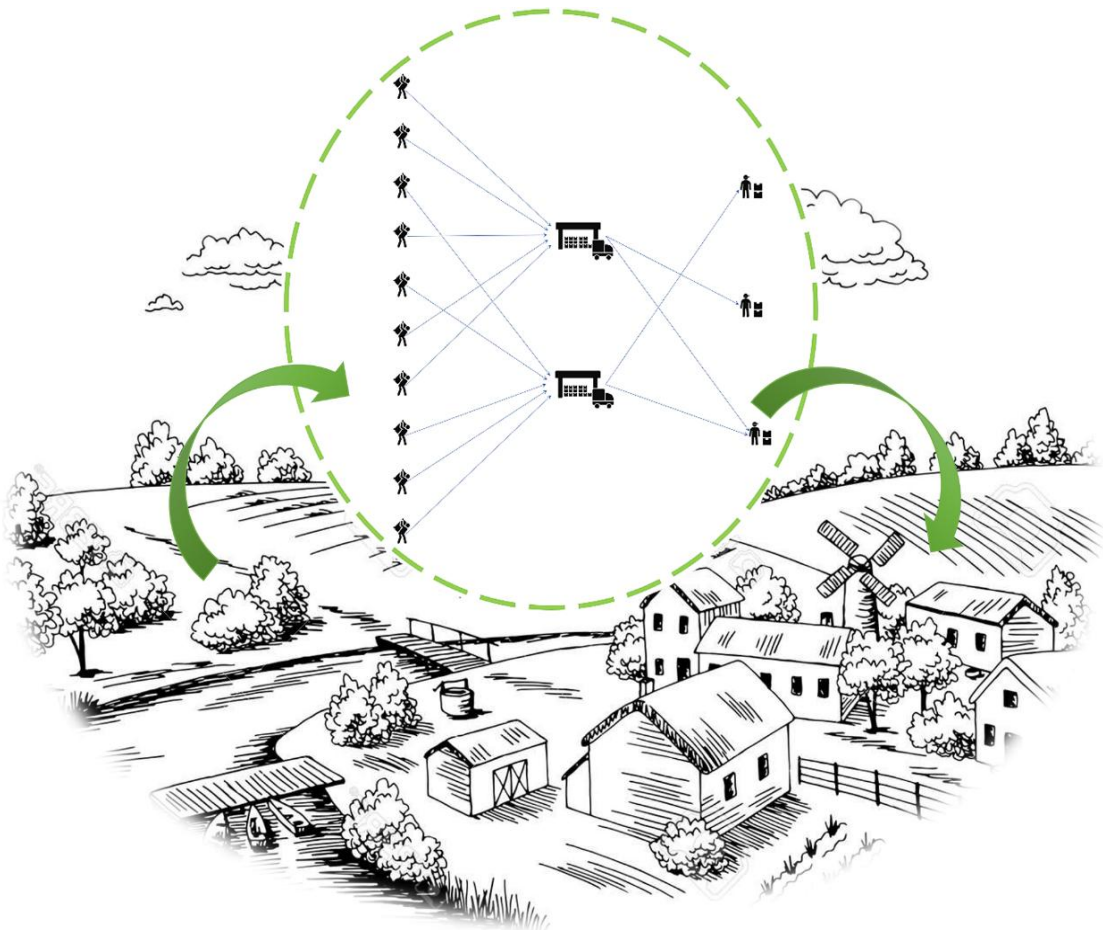
Migrar a sistemas productivos de limón optimizados e integrales, en donde el funcionamiento del sistema haya sido mejorado y además se le haya integrado un enfoque de sostenibilidad puede generar beneficios en términos económicos y también en términos de conservación ambiental.

3.4.3.2 Construcción del modelo conceptual

Conjuntar la sostenibilidad y la optimización incrementaría la competitividad del sistema productivo de limón de la comuna Sinchal, diferenciándolo positivamente de otros sistemas productivos en el mercado, atrayendo con ello a consumidores que valoran la responsabilidad ambiental. En general esto permitiría una realidad más acorde a las exigencias de una sociedad cada vez más consciente de la importancia de sostenibilidad, brindando con ello la posibilidad de un porvenir próspero para todos los involucrados en el sistema. Siguiendo esa perspectiva, y en consonancia con la metodología propuesta por Caselles Moncho, (2008) se creó el modelo conceptual del sistema productivo de limón

de la comuna Sinchal optimizado, incorporando el componente de la sostenibilidad, al cual hace referencia la Figura 21. Este modelo es una representación abstracta del sistema, que se centra en definir los componentes y sus relaciones de forma general.

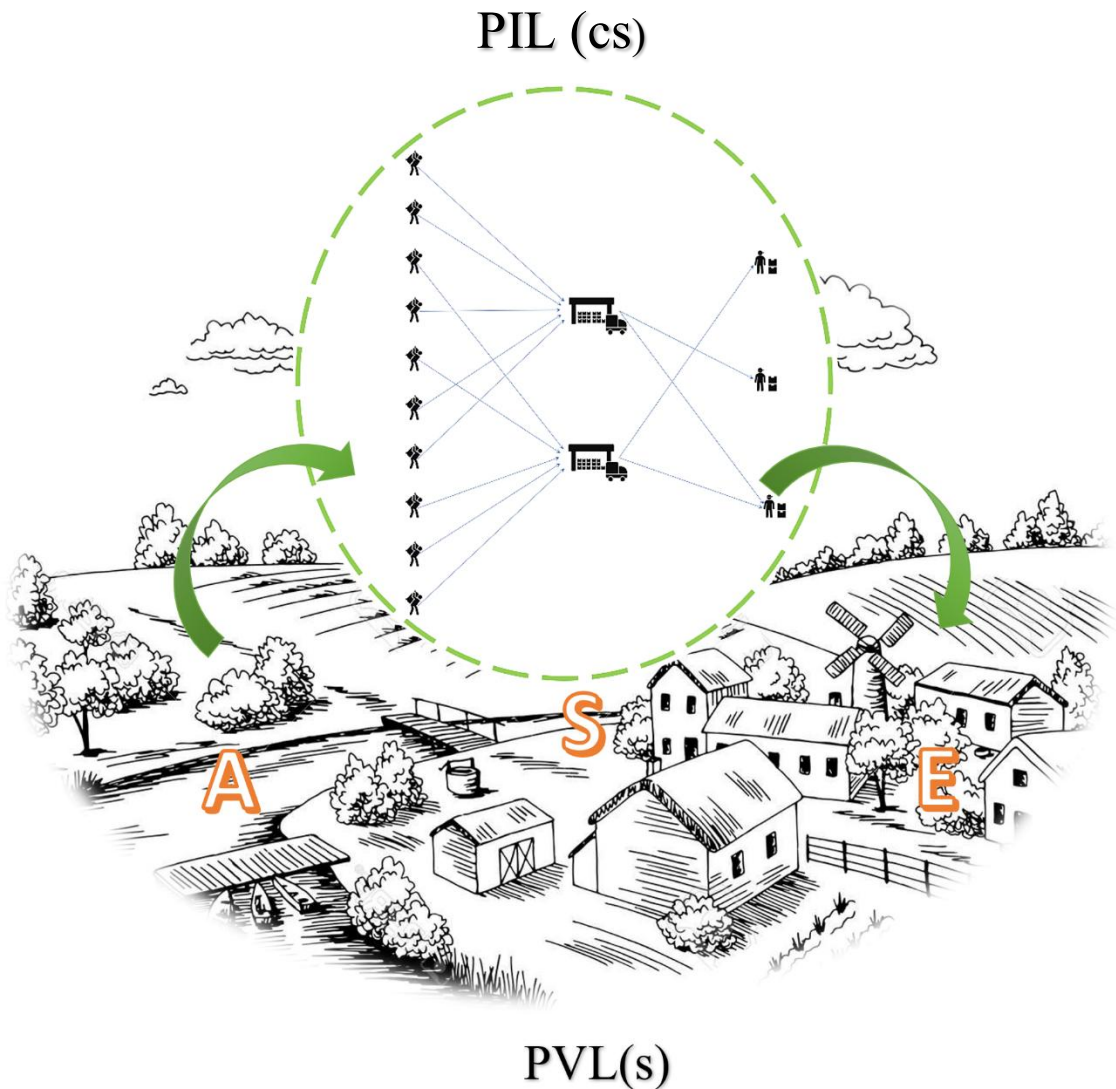
Figura 21. Modelo conceptual



3.4.3.3 Construcción del modelo Analítico

El modelo conceptual es la base del modelo analítico, esto denota que para la construcción del modelo analítico del sistema fueron considerados los parámetros y variables definidas anticipadamente en el modelo conceptual, y llevadas a un lenguaje formalizado (ecuaciones) que pudiera ser entendido y ejecutado por una herramienta de simulación (Vensim), de acuerdo con eso la Figura 22 alude al modelo analítico del sistema productivo del limón de la comuna Sinchal, en ella son expuestos los componentes y relaciones conformadoras del sistema, empleando un lenguaje adecuado para la simulación.

Figura 22. Modelo analítico.



En consonancia con lo previamente expuesto en la Figura 22, la Tabla 33 proporciona una explicación detallada de la nomenclatura empleada para describir los agentes constituyentes del sistema presentados en el modelo analítico, con la finalidad de facilitar su interpretación y comprensión.

Tabla 33. Agentes constituyentes del sistema.

Agente	Nomenclatura	Descripción
Producción intensiva de limón (cadena de suministro)	PIL (cs)	Sistema productivo generador del producto (limón).

Ambiental	A	Se refiere a una de las dimensiones conformadoras de la sostenibilidad, enfocada en la protección del entorno ambiental.
Social	S	Corresponde a uno de los pilares fundamentales de la sostenibilidad, centrado en la cohesión, justicia y bienestar social.
Económico	E	Alude a uno de los aspectos conformadores de la sostenibilidad, orientado a garantizar el manejo responsable de los recursos económicos.
Producción verde de limón (sostenibilidad)	PVL (s)	Agente sostenibilidad. Conjunción de los tres pilares de la sostenibilidad.

3.4.3.4 Construcción del modelo computacional

En el año 2025, la Comuna Sinchal, ubicada en el cantón Santa Elena (Ecuador), contaba con 85 plantaciones de limón (*Citrus limon*) distribuidas estratégicamente en los sectores norte, este, sur y oeste. Estos cultivos se encontraban en un proceso de transición hacia un modelo de producción verde, con un avance estimado del 0,46 % en sostenibilidad.

De acuerdo con la valoración realizada en el marco del proceso de optimización de la cadena de suministro, la producción mensual alcanzaba un volumen de 595 sacos/día de 45 kg. Del total producido, aproximadamente el 10 % era destinado al autoconsumo local, mientras que un 70% se comercializaba en dos puntos de destino específicos (Centros de acopio). El 20 % restante se distribuía directamente en los mercados de los tres cantones que conforman la provincia de Santa Elena: La Libertad, Salinas y Santa Elena, donde se registró una demanda anual promedio proyectada de 43.108,2 sacos con

limón. Esta configuración productiva y comercial revela una dinámica de abastecimiento territorial clave para la economía local y plantea oportunidades para avanzar hacia una cadena de valor más sostenible y eficiente.

Cálculo del índice de sostenibilidad

Para el cálculo del índice de transición hacia un sistema de producción sostenible en el caso particular del limón en la comuna Sinchal, fue empleada la fórmula de cálculo propuesta por Muyulema et al., (2025) para sistemas agroalimentarios. La obtención del índice de sostenibilidad incluyó la identificación de indicadores claves, normalización de datos, asignación de pesos y finalmente el cálculo del índice de sostenibilidad, los 4 pasos antes mencionados son descritos en detalle a continuación:

Paso 1: Indicadores y valores estimados

Los datos fueron obtenidos de:

- Entrevistas y encuestas a agricultores de Sinchal.
- Registros de producción de cooperativas o asociaciones.
- Datos técnicos de MAG (Ministerio de Agricultura), INEC u otras fuentes locales.
- Observación directa.

En virtud de lo antes expuesto, en la Tabla 34 son descritos los 6 indicadores claves categorizados en las 3 dimensiones clásicas de la sostenibilidad (ambiental, social, económica), así como sus valores estimados, obtenidos de las fuentes de información anteriormente descritas.

Tabla 34. Categorización de indicadores claves por dimensión.

Dimensión	Indicador	Valor real	Valor ideal	Observaciones
Ambiental	Fertilizantes sintéticos	80 kg/ha	20 kg/ha	Valor promedio según agricultores encuestados.
Ambiental	Diversidad de cultivos	3 / 5	5 / 5	Basado en escala de diversidad (ej. con limón, maíz, guayaba).

Social	Productores capacitados	50%	100%	De 30 productores, 15 asistieron a capacitaciones.
Social	Organización comunitaria	4 / 5	5 / 5	Existe una cooperativa activa con reuniones mensuales.
Económica	Rendimiento (ton/ha)	8	12	Según registros de cosecha anuales.
Económica	Acceso a mercados	2 / 5	5 / 5	Sólo venden localmente, sin alianzas comerciales.

Consecuentemente fue llevada a cabo una comparación entre los valores reales y los valores ideales asociados a cada uno de los indicadores, a fin de establecer su tipología, esta argumentación es correspondiente con el contenido presentado en la Tabla 35.

Tabla 35. Tipología de indicadores por sus niveles de referencia.

Dimensión	Indicador	Valor real	Valor ideal	Observaciones	Tipo
Ambiental	Fertilizantes sintéticos	80 kg/ha	20 kg/ha	Valor promedio según agricultores encuestados.	Menor mejor
Ambiental	Diversidad de cultivos	3 / 5	5 / 5	Basado en escala de diversidad (ej. con limón, maíz, guayaba).	Mayor mejor

Social	Productores capacitados	50%	100%	De 30 productores, 15 asistieron a capacitaciones.	Mayor mejor
Social	Organización comunitaria	4 / 5	5 / 5	Existe una cooperativa activa con reuniones mensuales.	Mayor mejor
Económica	Rendimiento (ton/ha)	8	12	Según registros de cosecha anuales.	Mayor mejor
Económica	Acceso a mercados	2 / 5	5 / 5	Sólo venden localmente, sin alianzas comerciales.	Mayor mejor

Paso 2: Normalización (escala 0 – 1).

La normalización de los datos (indicadores) consistió en el ajuste de los valores a una escala específica (0 - 1) que facilite su interpretación, donde 0 = muy bajo y 1 = óptimo; para este propósito fueron incorporadas las fórmulas que se exponen a continuación:

Para tipo "menor mejor":

$$N = \frac{X_{m\acute{a}x} - X}{X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}}$$

Siendo que:

N : valor normalizado del indicador.

X : valor real observado.

$X_{m\acute{a}x}$: valor máximo permitido o tolerado.

$X_{m\acute{i}n}$: valor ideal o deseado (lo más bajo posible).

Para tipo "mayor mejor":

$$N = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

En donde:

N : valor normalizado del indicador.

X : valor real observado.

X_{\min} : valor mínimo esperado o aceptable.

X_{\max} : valor máximo ideal o deseable.

La fórmula empleada para la normalización de cada indicador estuvo dada en función del tipo (Mayor mejor (↑) - (↓) Menor mejor) descrito anticipadamente en la Tabla 35, en correspondencia la Tabla 36 describe los cálculos efectuados para el normalizado de los datos.

Tabla 36. Normalización de indicadores por escala

Dimensión	Indicador	Normalizado	Interpretación
Ambiental	Fertilizantes sintéticos (↓)	$(100 - 80) / (100 - 20) = 0.25$	El uso de químicos está lejos del ideal (solo un 25% de avance hacia lo deseado).
Ambiental	Diversidad de cultivos (↑)	$(3 - 1) / (5 - 1) = 0.5$	Hay un nivel medio de diversidad; se puede mejorar aún un 50%.
Social	Productores capacitados (↑)	$(50 - 0) / (100 - 0) = 0.5$	La mitad de los productores están capacitados; falta capacitar al 50% restante.
Social	Organización comunitaria (↑)	$(4 - 1) / (5 - 1) = 0.75$	Buen nivel de organización; cerca del óptimo.

Económica	Rendimiento (↑)	$(8-4) / (12-4) = 0.5$	Producción media; aún se puede mejorar la eficiencia del cultivo.
Económica	Acceso a mercados (↑)	$(2-1) / (5-1) = 0.25$	Bajo acceso a mercados; gran oportunidad de mejora en comercialización.

Paso 3: Asignación de pesos (suma = 1)

En el Paso 3 se llevó a cabo la asignación de pesos a los indicadores claves seleccionados. Dada la ausencia de datos que permitieran una ponderación diferenciada basada en juicio experto o evidencia empírica local, se optó por una estrategia de igualación, asignando un peso a cada uno de los seis indicadores considerados en las dimensiones ambiental, social y económica, a razón de ello cada indicador recibió un peso equivalente a 0,167. Esta decisión metodológica se justifica en estudios previos que sugieren la asignación equitativa como aproximación válida en contextos de datos limitados (Muyulema & Tapias, 2024). Este argumento es correspondiente con lo expuesto en la Tabla 37.

Es pertinente esclarecer que la relevancia de los indicadores varía dependiendo del contexto, por ejemplo, en una zona como la comuna Sinchal:

- El uso de fertilizantes puede ser más crítico que la diversidad de cultivos si hay problemas de contaminación.
- El acceso a mercados puede ser clave para mejorar ingresos y reducir la dependencia local.

Tabla 37. Asignación de pesos a cada indicador.

Dimensión	Indicador	Peso
Ambiental	Fertilizantes sintéticos	0.167
Ambiental	Diversidad de cultivos	0.167

Social	Productores capacitados	0.167
Social	Organización comunitaria	0.167
Económica	Rendimiento	0.167
Económica	Acceso a mercados	0.167

Paso 4: Cálculo del índice total

Consecuentemente en el Paso 4 se efectuó el cálculo del índice total de transición hacia un sistema de producción verde. Los valores resultantes de la normalización logrados en el Paso 2 y los pesos asignados en el Paso 3 fueron sustituidos en la fórmula propuesta por Muyulema 2025 para sistemas agroalimentarios, resultando en un índice total de transición equivalente a 0.4593, esto indica un **nivel medio de avance** hacia un modelo de producción más sostenible en la cadena de suministro del limón en la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena. El detalle de los cálculos se revela a continuación:

Índice de transición

$$= (0.25 \times 0.167) + (0.5 \times 0.167) + (0.5 \times 0.167) \\ + (0.75 \times 0.167) + (0.5 \times 0.167) + (0.25 \times 0.167)$$

$$\text{Índice de transición} = 0.0418 + 0.0835 + 0.0835 + 0.1252 + 0.0835 + 0.0418$$

$$\text{Índice de transición} = 0.4593$$

Índice de transición = 0.46 → Nivel medio de transición hacia un sistema de producción verde en Sinchal.

Cálculos anuales

A. Consumo diario (en meses de baja oferta)

basado en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2259/1/UPSE-TAA-2015-010.pdf>:

Cantón La Libertad:

- 43% comercializan 5 sacos diarios → $0.43 \times N_{LL} \times 5$

- 29% comercializan 3 sacos diarios $\rightarrow 0.29 \times N_{LL} \times 3$

Cantón Santa Elena:

- 60% comercializan 5 sacos diarios $\rightarrow 0.60 \times N_{SE} \times 5$

Cantón Salinas:

- 57% comercializan 5 sacos diarios $\rightarrow 0.57 \times N_S \times 5$

B. Suposiciones para modelar:

Al desconocer el número exacto de comerciantes por cantón, se optó por el supuesto de una distribución equitativa:

$$45 \text{ comerciantes} \div 3 \text{ cantones} = 15 \text{ comerciantes por cantón}$$

C. Ecuación para demanda diaria total (D):

$$D = ((0.43 \times 15 \times 5) + (0.29 \times 15 \times 3)) + (0.60 \times 15 \times 5) + (0.57 \times 15 \times 5)$$

$$D = (32.25 + 13.05) + 45 + 42.75$$

$$D = 133.05 \text{ sacos diarios}$$

D. Proyección anual para 2025 (meses de baja oferta y alta oferta):

Al no hallarse información específica del consumo, fueron propuestos dos escenarios:

Escenario A:

Meses de baja oferta (6 meses del año = 180 días):

Se estimó que los meses de baja oferta al año son 6 meses \rightarrow 180 días aproximadamente.

Demanda diaria en baja oferta:

$$133.05 \text{ sacos diarios.}$$

Demanda total en 6 meses de baja oferta:

$$133.05 \times 180 = 23.949 \text{ sacos en 6 meses}$$

Escenario B:

Meses de alta oferta (6 meses restantes del año = 180 días):

El consumo disminuye un 20% en alta oferta (por mayor disponibilidad o menor necesidad de acopio).

Demanda diaria en alta oferta:

$$133,05 \times 0.8 = 106.44 \text{ sacos diarios.}$$

Demanda total en 6 meses de alta oferta:

$$106,44 \times 180 = 19.159,2 \text{ sacos en 6 meses}$$

Proyección anual diferenciada (baja + alta oferta):

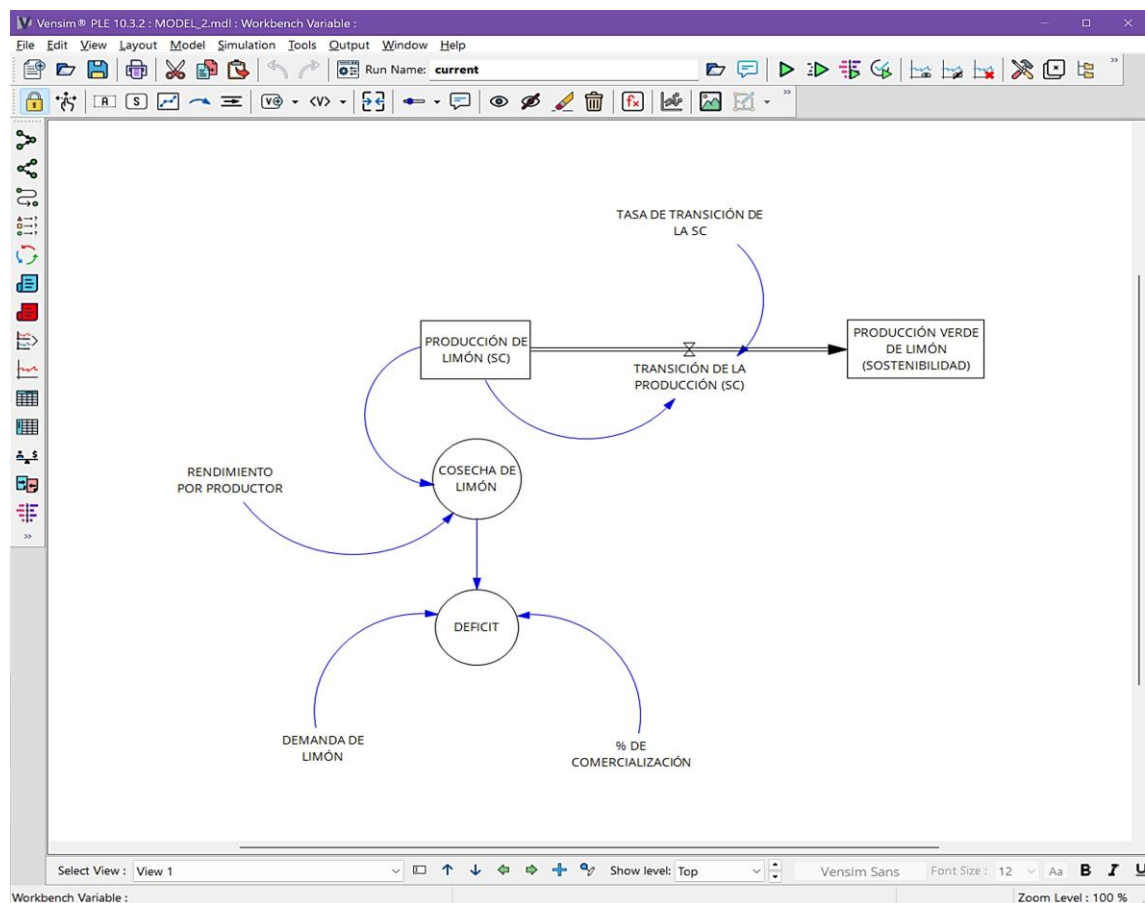
$$\begin{aligned} &23.949 \text{ sacos}(\text{baja oferta}) + 19.159,2 \text{ sacos}(\text{alta oferta}) \\ &= 43.108,2 \text{ sacos al año} \end{aligned}$$

Con base en los patrones de consumo observados durante los meses de baja oferta, y considerando un ajuste estacional que contempla una reducción del 20 % en el consumo diario durante los meses de alta oferta, se proyecta que la demanda total anual de sacos alcanzaría aproximadamente **43.108,2 unidades** en 2025 para los comerciantes de La Libertad, Santa Elena y Salinas. Esta estimación se deriva de una demanda de **23.949 sacos** en los seis meses de baja oferta (180 días) y **19.159,2 sacos** durante los seis meses de alta oferta (180 días), lo que proporciona una visión más realista y segmentada del comportamiento de consumo a lo largo del año.

La proyección diferenciada constituye una herramienta útil para anticipar necesidades logísticas, prevenir posibles cuellos de botella en la cadena de suministro y formular estrategias de abastecimiento regional adaptadas a las fluctuaciones estacionales. No obstante, se recomienda que investigaciones futuras incorporen datos empíricos más precisos sobre el consumo en épocas de alta oferta, así como otras variables contextuales como la estacionalidad productiva, cambios en la demanda y factores externos del mercado, a fin de fortalecer la precisión y aplicabilidad del modelo de proyección.

La Figura 23 es correspondiente al modelo computacional del MBA, producto del procesamiento de los datos por el software Vensim 10.3.2, cuya modelación se soporta en los supuestos para modelar antes descritos y lo detallado en la Figura 22. La figura alude a una representación visual del transitar de una producción de limón lineal hacia una producción de limón sostenible al establecerse una relación de cooperación con un agente sostenible.

Figura 23. Modelo computacional



3.4.3.5 Calibrado del modelo

Para garantizar la validez en la simulación basada en agentes, fue necesario transitar por un proceso de calibrado del modelo, para tal efecto fue implementado el protocolo “mantenerlo adecuado” (KIA por sus siglas en inglés) propuesto por (Troost et al., 2023), el cual proporciona una guía estructurada de 12 pasos contenidos en 3 etapas, para desarrollar y calibrar modelos de simulación. Esta información es descrita en detalle en la Tabla 12.

Etapa I: Definición del contexto de modelado

Paso 1: Definir la pregunta de investigación

¿Cómo la modelización de la cadena de suministro verde ayuda a mejorar el sistema productivo del limón (citrus limon) de la comuna Sinchal, cantón Santa Elena – Ecuador?

Paso 2: Analizar la pregunta de investigación y derivar los requisitos para el modelado.

Considerando las particularidades de un modelo que busca priorizar la sostenibilidad, es imprescindible el análisis y entendimiento de los objetivos que la guían, a fin de garantizar una alineación efectiva del modelo propuesto con los objetivos de la sostenibilidad, los cuales se fundamentan en tres dimensiones clásicas ambiental, social y económica.

Paso 3: Analizar el conocimiento, la información y los datos disponibles sobre el sistema que se está modelando.

En este paso es imperativa la declaración teórica del sistema, misma que es lograda a partir de los datos compilados y expuestos en el apartado “Resultados de las técnicas aplicadas”, en combinación con lo exhibido en la sección “Construcción del modelo conceptual”. Esto posibilita el análisis del sistema, en ello implícitos aspectos como la complejidad, grado de apertura identificación y relación entre elementos. Aunado al esclarecimiento en la dirección de la investigación, además del aporte de una base para la toma de decisiones.

Etapa II: Selección de modelos y parámetros adecuados al contexto y documentación de la incertidumbre

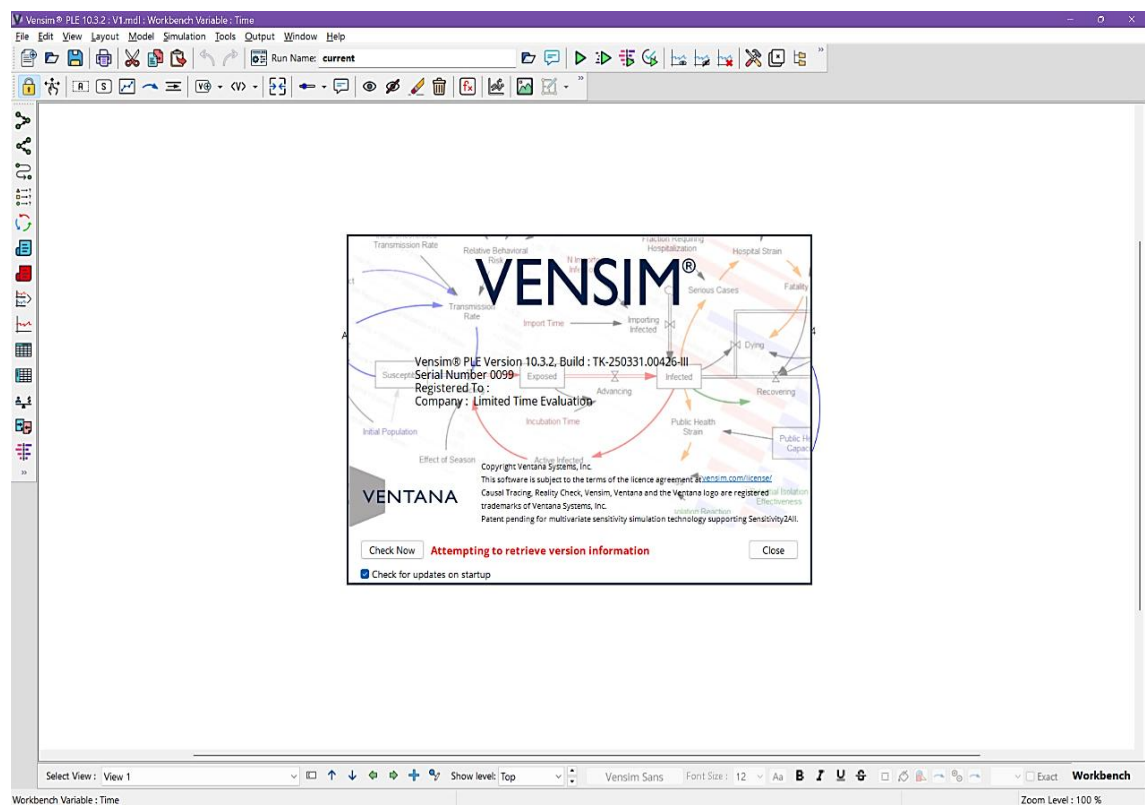
Paso 4: Determinar la representatividad del comportamiento del sistema observado.

La modelación basada en agentes se erige como un recurso de simulación computacional idóneo para el análisis y comprensión de sistemas complejos, dado a que admite simular las interacciones entre agentes y con el entorno. En el marco del sistema de producción citrícola de limón de la comuna Sinchal, el MBA permite simular el

comportamiento de los agentes “producción intensiva de limón” y “producción verde de limón”.

A través de la sinergia lograda al incorporar los agentes antes descritos en un MBA, empleando herramientas de simulación diseñadas para mejorar el rendimiento de los sistemas como Vensim en su versión 10.3.2, (Figura 24) se obtiene una perspectiva holística del sistema.

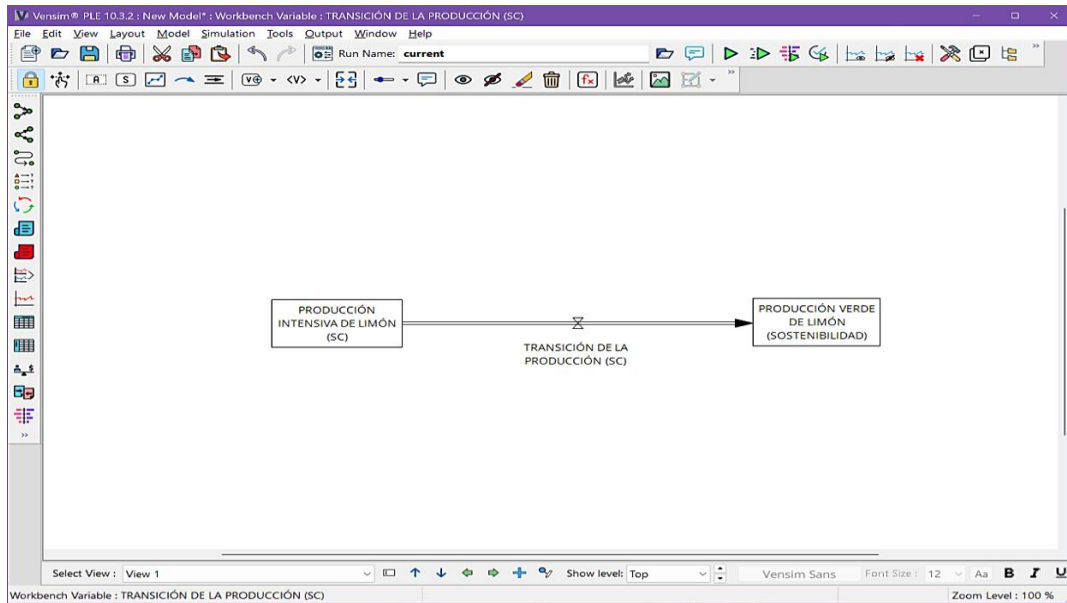
Figura 24. Simulación Basada en Agentes. (Software Vensim en su versión 10.3.2)



Para la modelización del sistema de producción citrícola de limón de la comuna Sinchal, deben ser configurados adecuadamente los dos agentes constituyentes del mismo: “producción intensiva de limón” y “producción verde de limón”, la Figura 25 hace referencia a lo expuesto.

En donde el agente **producción intensiva de limón** es el sistema productivo responsable de generar el producto (limón), estructurado en cuanto a una serie de eslabones que incluyen plantaciones, almacenes y distribuidores, por otro lado, el agente **producción verde de limón** alude a la conjunción de las tres dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social y económica).

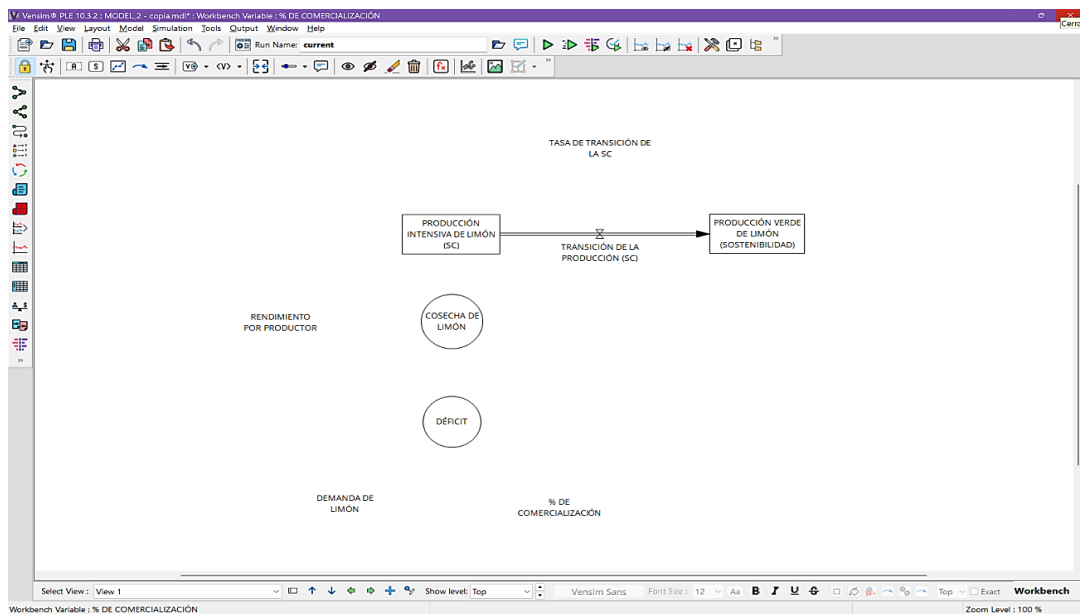
Figura 25. Interacción de los agentes claves. Vensim



Paso 5: Estructurar las tareas de modelado en componentes del modelo.

Este paso se centra en determinar y organizar de forma coherente y lógica las distintas partes que constituyen el modelo. Esto involucra la identificación y segregación sistémica de las variables en componentes individuales de manera que puedan ejercer comportamientos de manera independiente, pero que a la vez sean susceptibles de integración al modelo completo. La esencia de esto radica en como el agente “sistema productivo intensivo de limón” en su conjunto interactúa con el agente “sostenibilidad”, la Figura 26 corresponde a esta argumentación.

Figura 26. Simulación del flujo de datos

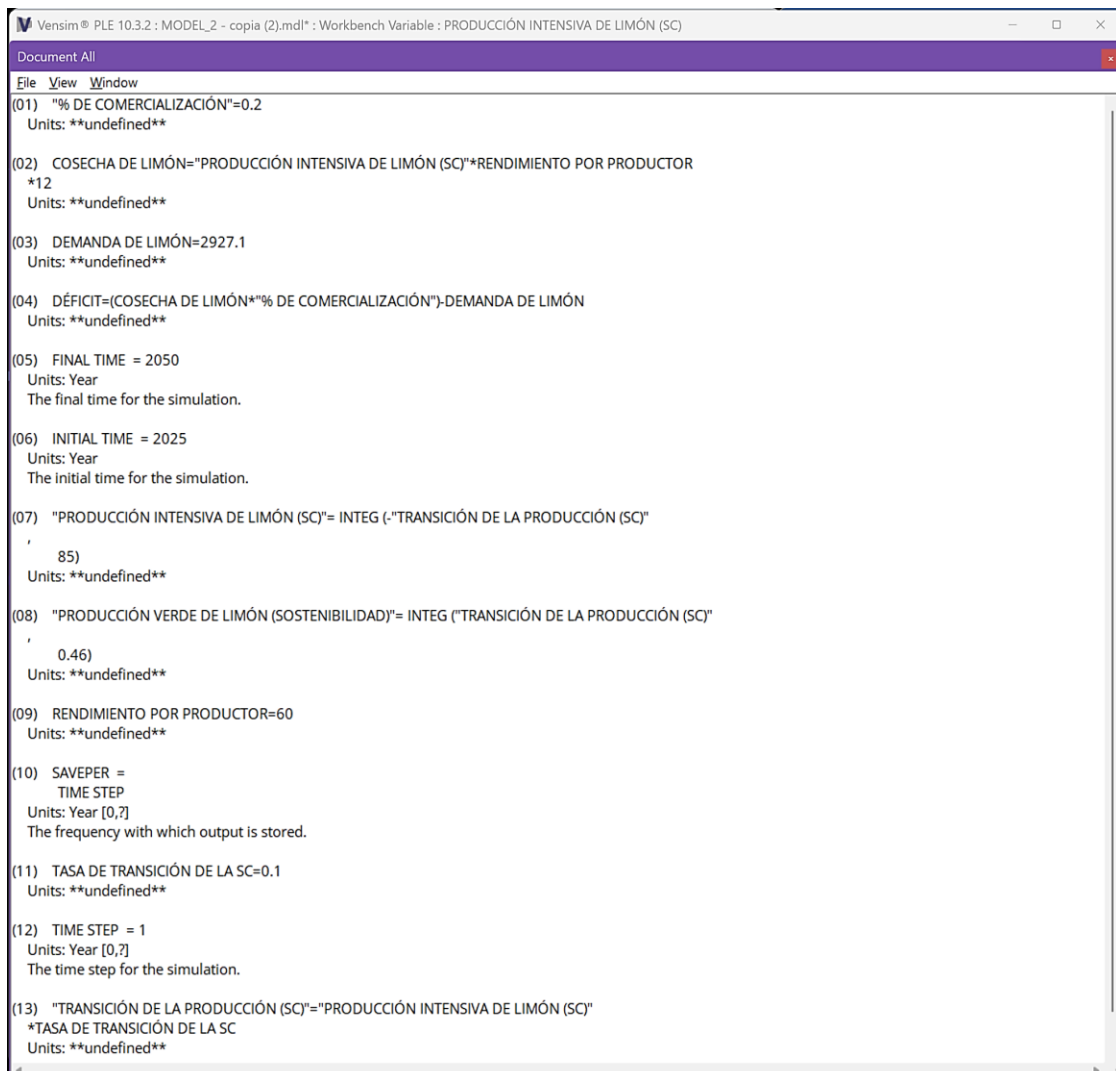


Paso 6: Elegir el horizonte de simulación y rangos de parámetros para cada componente.

Este paso demanda establecer los parámetros involucrados en la configuración de la simulación. En lo que respecta a determinar un horizonte de simulación, este mantiene una intrínseca relación con la “delimitación de un periodo de tiempo específico”, dado a que en el se proyectara el comportamiento del sistema simulado, esto en específico posibilita el análisis en un entorno controlado y contribuye a la toma de decisiones.

La Figura 27 hace referencia a los 13 parámetros considerados en la configuración del modelo simulado, entre los cuales se exhibe un horizonte de simulación de 25 años, teniendo como tiempo inicial el año 2025, y como tiempo final el año 2050, incluyendo también una tasa de transición equivalente a 0,10 y un índice de transición correspondiente a 0,46.

Figura 27. Horizonte de simulación.



```
Vensim® PLE 10.3.2 : MODEL_2 - copia (2).mdl* : Workbench Variable : PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LIMÓN (SC)
Document All
File View Window
(01) "% DE COMERCIALIZACIÓN"=0.2
Units: **undefined**
(02) COSECHA DE LIMÓN="PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LIMÓN (SC)*RENDIMIENTO POR PRODUCTOR
*12
Units: **undefined**
(03) DEMANDA DE LIMÓN=2927.1
Units: **undefined**
(04) DÉFICIT=(COSECHA DE LIMÓN*"% DE COMERCIALIZACIÓN")-DEMANDA DE LIMÓN
Units: **undefined**
(05) FINAL TIME = 2050
Units: Year
The final time for the simulation.
(06) INITIAL TIME = 2025
Units: Year
The initial time for the simulation.
(07) "PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LIMÓN (SC)"= INTEG (-"TRANSICIÓN DE LA PRODUCCIÓN (SC)"
,
85)
Units: **undefined**
(08) "PRODUCCIÓN VERDE DE LIMÓN (SOSTENIBILIDAD)"= INTEG ("TRANSICIÓN DE LA PRODUCCIÓN (SC)"
,
0.46)
Units: **undefined**
(09) RENDIMIENTO POR PRODUCTOR=60
Units: **undefined**
(10) SAVEPER =
TIME STEP
Units: Year [0,?]
The frequency with which output is stored.
(11) TASA DE TRANSICIÓN DE LA SC=0.1
Units: **undefined**
(12) TIME STEP = 1
Units: Year [0,?]
The time step for the simulation.
(13) "TRANSICIÓN DE LA PRODUCCIÓN (SC)"="PRODUCCIÓN INTENSIVA DE LIMÓN (SC)"
*TASA DE TRANSICIÓN DE LA SC
Units: **undefined**
```

Paso 7: Describa la incertidumbre de forma exhaustiva

En este apartado se ponen de manifiesto dos escenarios, el primero supone condiciones en las que el agente productor se enfrenta al agotamiento de sus recursos, desencadenando en la paralización abrupta de su producción, de ser así, en este supuesto la simulación sería interrumpida de manera inmediata dado a que no existirían comportamientos que proyectar y analizar en el horizonte de simulación inicialmente planteado.

El segundo escenario supone circunstancias en las que el agente productor se halla en una posición favorable y por consiguiente está exento del agotamiento de recursos, en este supuesto la simulación sería interrumpida por el cumplimiento satisfactorio del horizonte de simulación establecido al inicio.

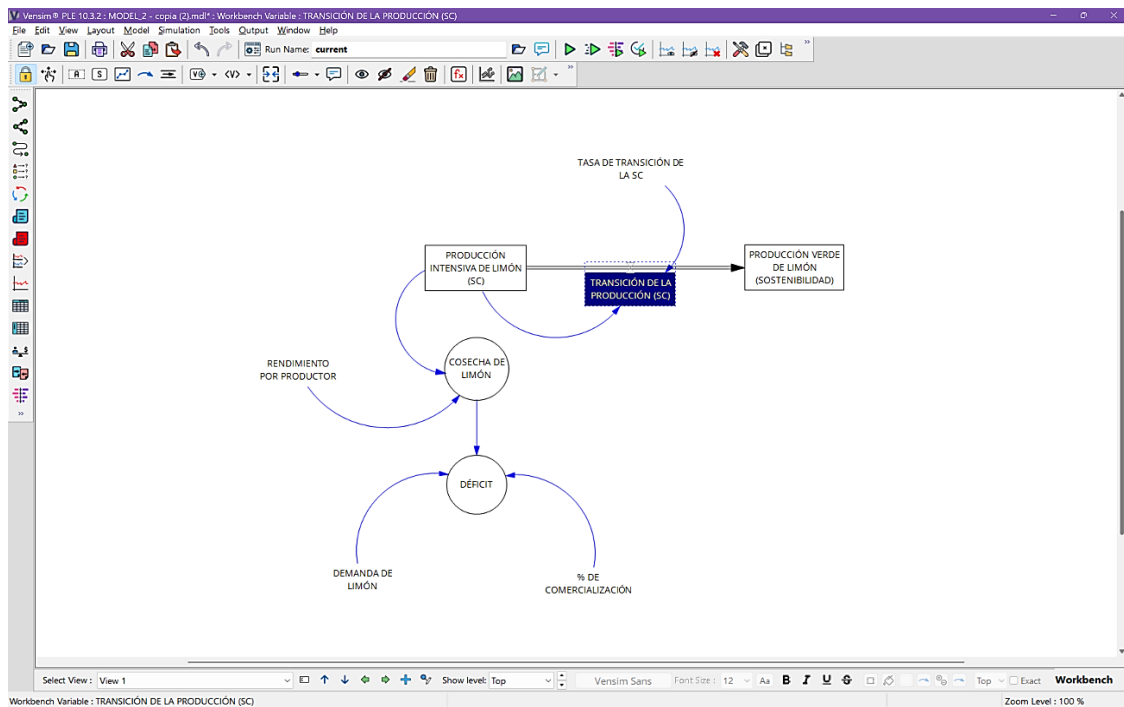
Paso 8: Evaluar la identificabilidad estructural del modelo en la población/dominio representado por la muestra observada

El proceso de obtención de información requerida en este apartado se soporta en lo descrito a continuación. En lo concerniente a producción intensiva de limón, en el capítulo 2, sección 2.3.1 se expone el proceso que posibilitó llegar a esa información. Consecutivamente, en lo que respecta a la data correspondiente a tasa de transición de la SC, transición de la producción (SC), rendimiento por productor, demanda de limón y % de comercialización, son descritos en detalle en el apartado de construcción del modelo computacional sección.

Paso 9: Elegir y aplicar una estrategia de cooperación adecuada para la inferencia basada en el comportamiento.

En el MBA una **relación de cooperación** denota la interacción entre agentes que actúan conjuntamente en pos de alcanzar un objetivo común o para mejorar una condición individual. En ese sentido, al tratarse de un modelo que busca priorizar la sostenibilidad, es imperativo establecer una relación de cooperación entre los agentes “sistema productivo intensivo de limón” y “sostenibilidad”, en la que ambos agentes resulten beneficiados. De manera correspondiente la Figura 28 expone la relación de cooperación entre los agentes involucrados.

Figura 28. Relación de cooperación entre agentes.



Etapa III: Derivación e interpretación adecuadas de los resultados de la simulación y la incertidumbre

Paso 10: Interpretar la incertidumbre posterior y la precisión predictiva esperada (si corresponde).

Incertidumbre posterior: Puede ser entendida como la diferenciación en las aproximaciones del sistema modelado posterior al registro de los datos. En el marco del sistema de producción citrícola de limón de la comuna Sinchal, esta incertidumbre suele estar dada por la imprecisión paramétrica relacionada con el consumo adecuado de los recursos naturales o incluso con la capacidad de producir.

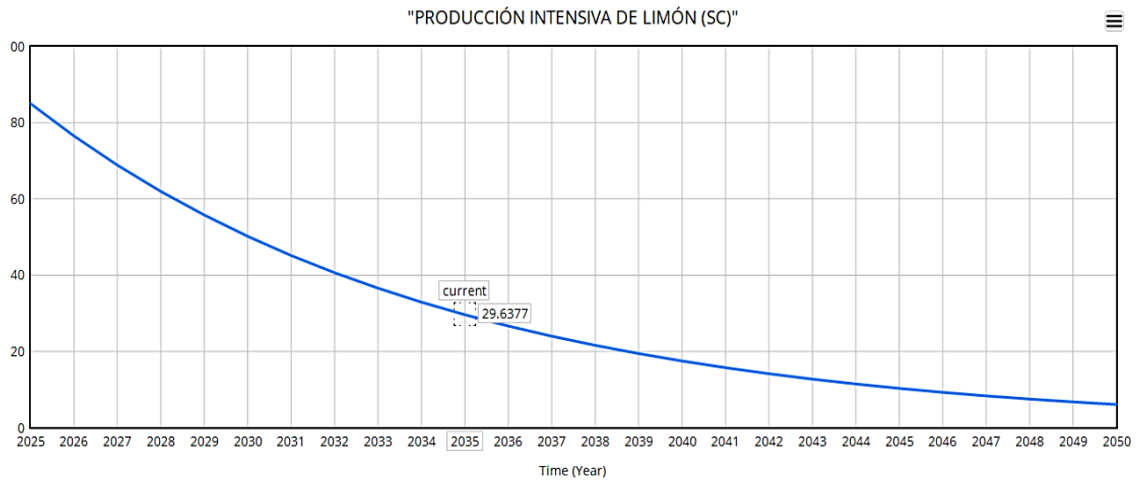
Precisión predictiva esperada: Hace alusión a la habilidad del sistema modelado para efectuar pronósticos puntuales en circunstancias no exploradas. En el contexto del MBA la precisión predictiva suele estar condicionada por el actuar de cada agente y la calidad de información inicial.

Paso 11: Elija un diseño de simulación y ejecute simulaciones predictivas y analice la incertidumbre predictiva (si el análisis se centra en la salida).

En concordancia con la proyección y análisis efectuado al agente “producción intensiva de limón”, se obtuvo que, a los 10 años de iniciada la simulación, es altamente

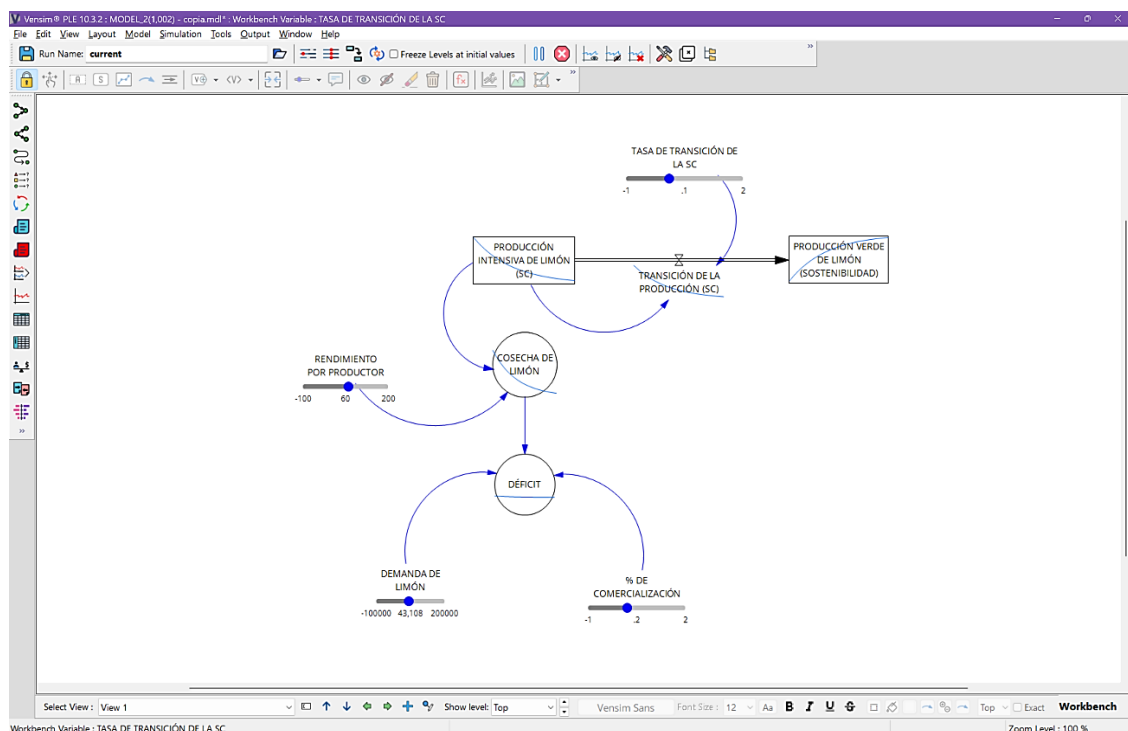
probable que de mantenerse esta modalidad de producción se experimente un declive significativo en el número de agentes productores, pasando de 85 agentes productores actuales a 29,64, en ese sentido la Figura 29 es congruente con esta argumentación.

Figura 29. Producción intensiva de limón proyectada a 25 años.



Al correr la simulación aparecen los “sliders” o controles deslizantes, a través de los cuales es posible interactuar con el sistema y ver en qué medida estas variaciones en los datos afecta al desenvolvimiento del mismo. La Figura 30 muestra los 3 sliders admitidos por el software para el modelo planteado.

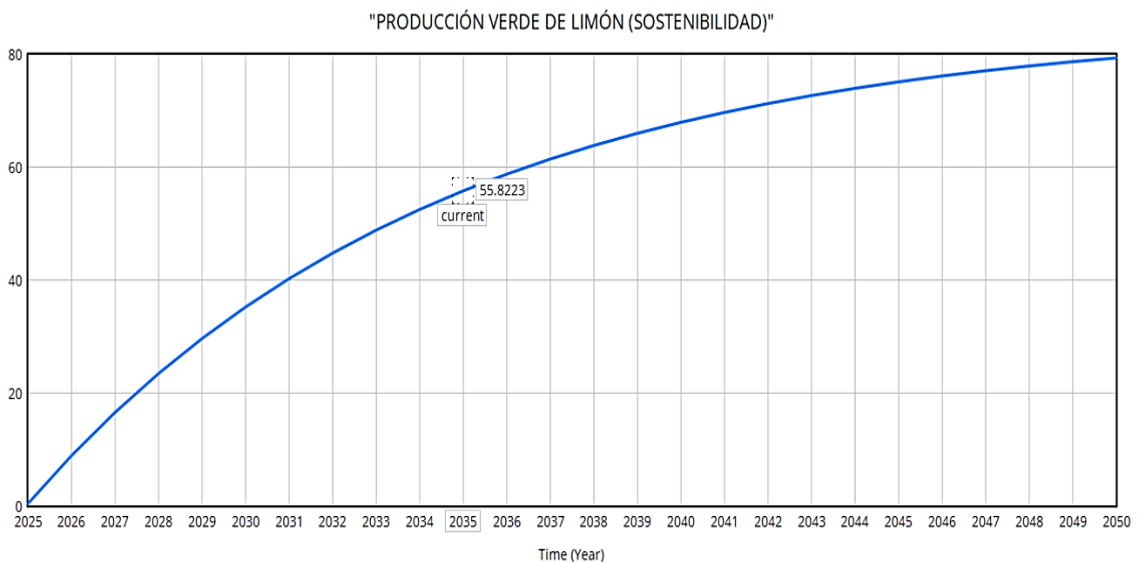
Figura 30. Ejecución de la simulación del sistema productivo de limón



Paso 12: Interpretación final, derivación de conclusiones y documentación.

En la simulación del sistema productivo citrícola de limón de la comuna Sinchal, de acuerdo con la información lograda en la proyección a 25 años, en el caso específico del agente “producción verde de limón”, se obtuvo que, al cabo de 10 años de simulación, en un escenario en el que se haría efectiva la transición a una producción benigna con el ambiente, el método de producción supuesto experimentaría una tendencia ascendente sostenida a lo largo del tiempo de 55,82, en ese sentido la Figura 31 respalda la aseveración ya descrita.

Figura 31. Producción verde de limón proyectada a 25 años.



3.4.3.6 Análisis de sensibilidad

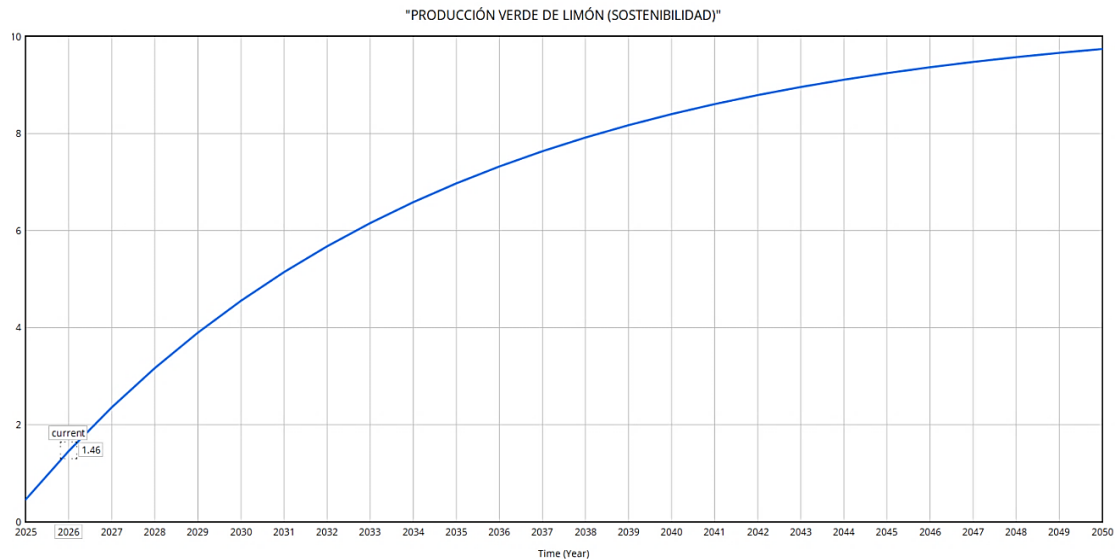
En este apartado se evaluó la dinámica de impacto al adoptar prácticas benévolas con el medio ambiente en el contexto de la producción citrícola de limón en la comuna Sinchal, concretamente en el consumo local del sector, para tal efecto fue desarrollado un análisis de sensibilidad que involucro una comparativa entre dos escenarios contrastantes, el primero fue abordado desde una perspectiva pesimista y el segundo desde una optimista.

Escenario Pesimista:

En este escenario fueron considerados para el cálculo del índice de sostenibilidad los valores reales de los 6 indicadores claves descritos en la Tabla 34, a través de los

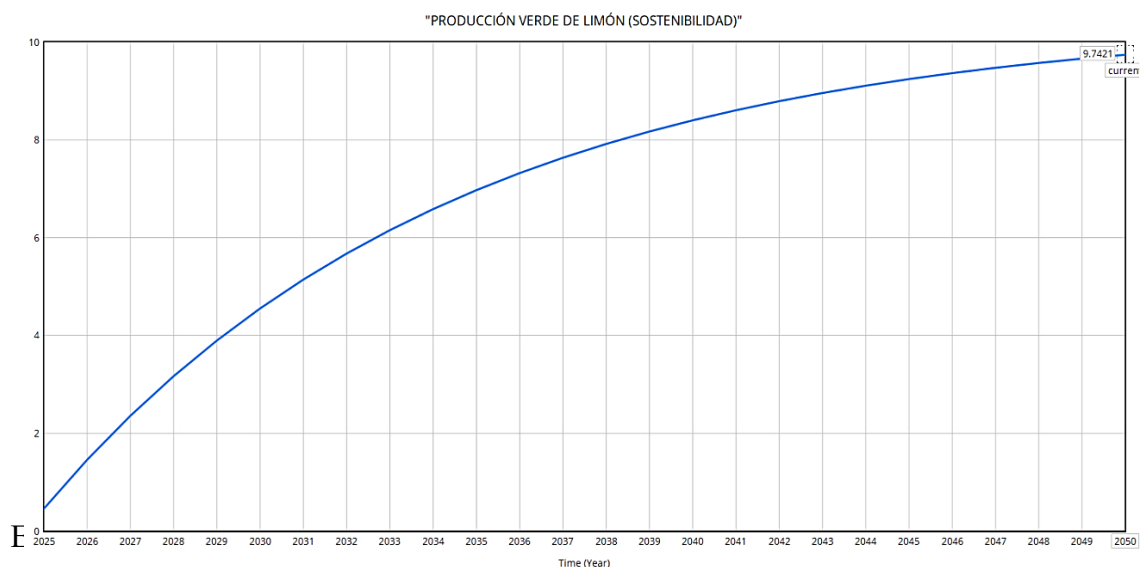
cuales se obtuvo un índice de transición de 0,46. Al analizar un contexto con índice de sostenibilidad supuesto de 0,46 se infiere que se lograría transformar a un sistema productivo sostenible el 1,46% del 10% que representa el consumo local, en el primer año (2026) de la proyección, tal como se ilustra en la Figura 32.

Figura 32. Primer año de la proyección en escenario pesimista



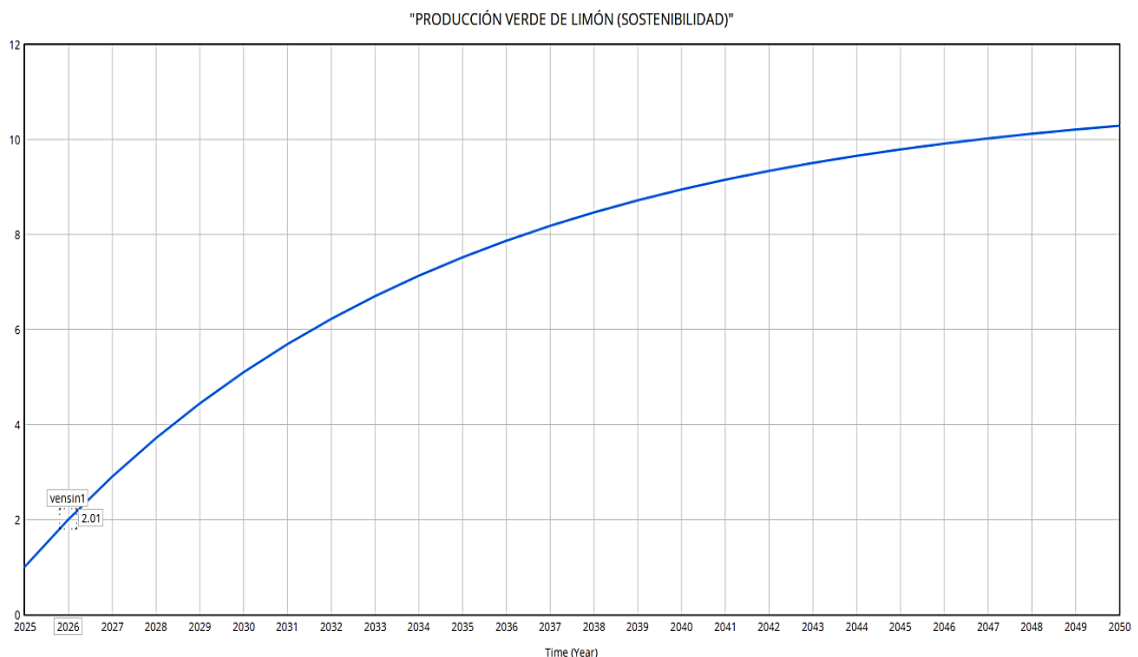
No obstante, al analizar el último año de la proyección (año 2050) se constató que únicamente se habría logrado transitar a un entorno sostenible un 9,74% del 10% que representa el consumo local, evidenciando que al término de la proyección no se lograría migrar de forma absoluta a un sistema que priorice la sostenibilidad, la Figura 33 es correspondiente con la argumentación descrita.

Figura 33. Último año de la proyección en escenario pesimista



En el marco de un escenario optimista, se consideró un índice de transición de 1,01, logrado a partir de cálculos efectuados con los valores ideales de los 6 indicadores claves descritos en la Tabla 34. El análisis realizado bajo un índice de sostenibilidad de 1,01 revela que al primer año (2026) de la proyección se lograría transformar a un sistema productivo sostenible el 2,01% del 10% que representa el consumo local. Al hacer una comparativa entre los valores 1,46% y 2,01% correspondientes a los escenarios pesimista y optimista se evidencia una diferencia absoluta de 0,55 cuya tasa de crecimiento es equivalente a 37,67%, esto sugiere que con un índice de sostenibilidad de 1,01 el valor inicial incrementaría aproximadamente un 38% con respecto al valor del año 2026 en escenario pesimista. Tal como se evidencia en la Figura 34.

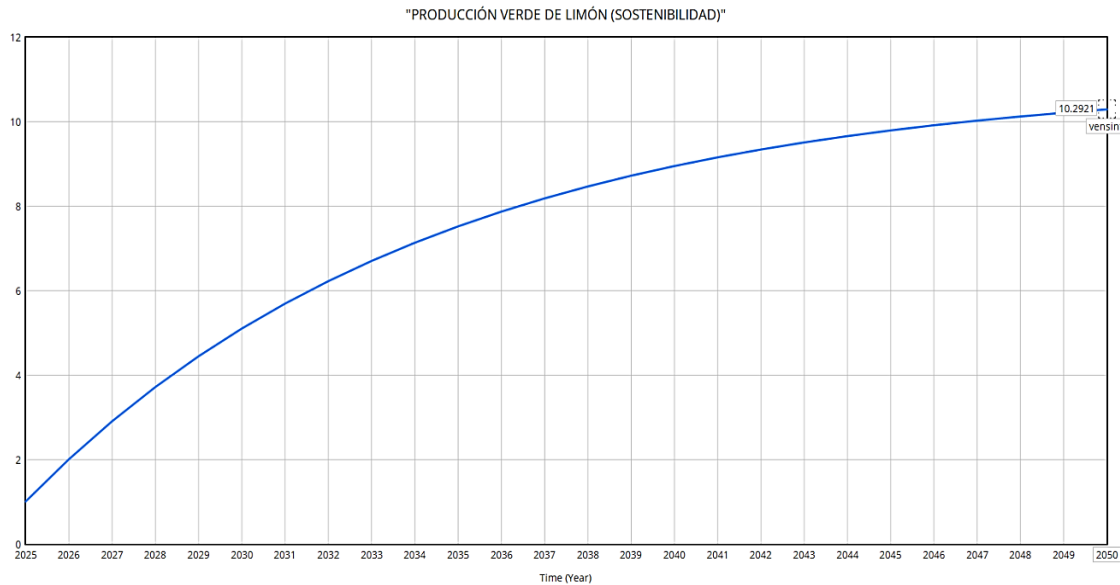
Figura 34. Representación gráfica del primer año de la proyección en escenario optimista



Bajo el supuesto de operar con un índice de sostenibilidad equivalente al 1,01, al analizar el último año (2050) de la proyección a 25 años, se evidencia un porcentaje de transformación del 10,29% del 10% que representa el consumo local. Al efectuarse un análisis comparativo entre los valores 9,74% y 10,29% pertenecientes a los escenarios pesimista y optimista en el último año de ambas proyecciones se constata una diferencia absoluta de 0,55, cuya tasa de crecimiento es equivalente a 37,67%, lo que denota una transformación absoluta del sistema, que no solo satisface en su totalidad la proyección

planteada a 25 años, sino que también da pie a una nueva proyección, la Figura 35 complementa esta argumentación.

Figura 35. Representación gráfica del último año de la proyección en escenario optimista



3.5. Presupuesto

Como resultado del desarrollo de la propuesta de optimización del sistema productivo del limón en la comuna Sinchal, Cantón Santa Elena se presenta a continuación en la Tabla 38, un presupuesto detallado orientado a su implementación práctica. Este presupuesto considera tanto los requerimientos técnicos del modelo de programación lineal para optimización logística, como los insumos necesarios para la MBA con métricas de sostenibilidad. La finalidad de este desglose es ofrecer una visión clara de los recursos financieros necesarios, facilitando su presentación ante entidades interesadas en la ejecución del proyecto.

Tabla 38. Recursos considerados en el presupuesto.

Categoría	Detalle	Costo estimado (USD)
1. Recursos Humanos		
Consultor técnico integral (rol mixto)	Optimización, modelado y supervisión general	1.500
Asistente local	Apoyo logístico y coordinación con productores	250
Subtotal Recursos Humanos		1.750

2. Infraestructura y Equipamiento

Uso de estación de trabajo institucional	Simulaciones y procesamiento con recursos existentes	350
Licencia académica básica de Vensim	Versión gratuita o con descuento para uso educativo	0
Equipamiento básico compartido	Tablets, GPS, sensores alquilados temporalmente	250
Subtotal Infraestructura y Equipamiento		600

3. Capacitación y Difusión

Taller de formación reducido	Capacitación focalizada a líderes comunitarios	250
Materiales digitales básicos	Manuales en PDF y videos explicativos breves	150
Subtotal Capacitación y Difusión		400

4. Costos Operativos y Contingencias

Transporte y viáticos mínimos	Visitas técnicas puntuales	500
Fondo de contingencia	Emergencias menores y ajustes operativos	256,25
Subtotal Operativos y Contingencias		756,25
TOTAL PARCIAL ESTIMADO		3.506,25
REAJUSTE (15 %)	Inflación y variaciones en ejecución	525,94
TOTAL FINAL CON REAJUSTE		4,032.19

Datos Base:

- **Inversión inicial:** USD 4,032.19
- **Beneficio neto anual:** USD 5,800
- **Horizonte temporal:** Consideramos un período de análisis de al menos 5 años para el cálculo de VAN y TIR (aunque se recupera antes del primer año).

- **Tasa de descuento estimada:** Supongamos un 10 % para el cálculo del VAN (puedes ajustar según el costo de oportunidad real del capital).

Cálculo del VAN (Valor Actual Neto):

$$\text{Fórmula del VAN: } \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - C_o$$

Donde:

$$B_t = 5,800 \text{ (beneficio anual)}$$

$$r = 0.10 \text{ (tasa de descuento)}$$

$$C_o = 4,032.19 \text{ (inversión inicial)}$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$VAN = \frac{5,800}{1.1} + \frac{5,800}{1.1^2} + \frac{5,800}{1.1^3} + \frac{5,800}{1.1^4} + \frac{5,800}{1.1^5} - 4,032.19$$

$$VAN = 5,272.73 + 4,793.39 + 4,357.63 + 3,961.48 + 3,601.34 - 4,032.19$$

$$VAN = 21,986.56 - 4,032.19 = 17,954.37$$

Cálculo de la TIR (Tasa Interna de Retorno):

- Inversión inicial: USD 4,032.19 (negativo, ya que es un egreso)
- Flujos netos de ingresos (beneficios anuales): USD 5,800 (constantes)
- Número de años considerados: 5 años (puedes ampliar si el beneficio continúa)

La TIR es la tasa r que hace que el VAN sea igual a cero. Es decir:

$$\text{Fórmula del TIR: } \sum_{t=1}^n \frac{5,800}{(1+r)^t} - 4,032.19$$

Probando con Excel o una calculadora financiera:

$$\text{TIR}(\{-4032.19, 5800, 5800, 5800, 5800, 5800\}) \approx 143\%$$

Con flujo constante de 5.800 durante 5 años y una inversión inicial de -4.032,19, la **TIR es aproximadamente del 143 %**, lo cual indica una alta rentabilidad.

Periodo de Recuperación (PRI):

$$PRI = \frac{4,032.19}{5,800} \approx 0,6952 \text{ años} = 8,34 \text{ meses}$$

Con flujo constante de 5.800 durante 5 años y una inversión inicial de -4.032,19, la TIR es aproximadamente del 143 %, lo cual indica una alta rentabilidad.

Considerando un beneficio económico anual conservador de USD 5.800, la recuperación del costo de inversión proyectado (USD 4.032,19) se alcanzaría en un período estimado de 0,69 años, es decir, aproximadamente 8,3 meses. Este horizonte de retorno respalda la factibilidad técnica y económica del modelo para ser escalado en etapas posteriores. Para viabilizar financieramente la implementación del modelo de optimización productiva del limón en la comuna Sinchal, es clave considerar fuentes de financiamiento adecuadas al contexto rural y comunitario. Una opción prioritaria son los fondos no reembolsables del Estado ecuatoriano, como los programas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Secretaría Técnica de Economía Popular y Solidaria (SEPS) y los GADS parroquiales o cantonales, que apoyan iniciativas rurales sin generar endeudamiento. Para acceder a estos fondos, es necesario presentar un proyecto técnicamente bien formulado, con respaldo organizativo de los productores. Otra alternativa viable son los créditos blandos de BanEcuador y cooperativas de ahorro y crédito locales, que ofrecen líneas con tasas accesibles y plazos largos, ideales para pequeños agricultores organizados formalmente.

Adicionalmente, las alianzas estratégicas con universidades públicas como la UPSE o ONGS pueden ofrecer asistencia técnica y abrir puertas a financiamiento nacional e internacional, especialmente si el proyecto está alineado con enfoques de sostenibilidad, inclusión y agroecología. Asimismo, con la cooperación internacional a través de programas como EUROCLIMA, GIZ o FAO, pueden permitir acceder a recursos externos. Estas estrategias requieren visibilidad, redes de apoyo y una narrativa clara del impacto del proyecto, pero representan oportunidades valiosas para fortalecer la sostenibilidad económica del modelo en el largo plazo. No obstante, para su implementación práctica es fundamental identificar y activar mecanismos de financiamiento acordes a la realidad de los pequeños agricultores rurales. La combinación de fondos no reembolsables del Estado, créditos blandos, alianzas estratégicas con universidades y ONGS, y el uso de plataformas de financiamiento colectivo, permite configurar una ruta de viabilidad financiera sólida y adaptada al contexto comunitario. Este enfoque no solo viabiliza el proyecto en el corto plazo, sino que también fortalece las capacidades locales para su escalamiento y sostenibilidad futura.

CONCLUSIONES

El mapeo sistemático de la literatura (MSL) permitió identificar y consolidar las principales metodologías y técnicas empleadas en la modelización de la cadena de suministro verde, integrando enfoques cualitativos y cuantitativos que garantizan un análisis integral y riguroso. La prevalencia del modelado basado en agentes evidencia la complejidad inherente al estudio de sistemas productivos sostenibles. Asimismo, la diversidad en las técnicas de recolección de datos refuerza la validez y profundidad del análisis, sentando bases sólidas para el desarrollo de modelos que promuevan la optimización y sostenibilidad en la producción de limón. Estos hallazgos contribuyen significativamente al avance del conocimiento en el área y al diseño de estrategias efectivas en cadenas de suministro verdes.

La presente investigación estructuró un marco metodológico riguroso, fundamentado en métodos y técnicas de investigación apropiados para generar un modelo de producción sostenible en la cadena de suministro del limón. Se adoptó un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos, lo que permitió un análisis exhaustivo tanto de datos medibles como de contextos sociales y comportamentales. Este enfoque se validó mediante la aplicación de instrumentos de recolección adecuados, como encuestas, análisis documental y observación directa, garantizando así la validez y robustez de la información obtenida. Asimismo, se definió un diseño no experimental, transversal y descriptivo, acorde con la naturaleza del estudio, que facilitó la observación sin manipulación de las variables involucradas. Se implementó un protocolo estructurado para la recolección y modelación de datos, apoyado en técnicas avanzadas como los Modelos Basados en Agentes (MBA), siguiendo el protocolo KIA para asegurar la precisión y validez del modelo. Finalmente, la delimitación precisa de la población y muestra permitió contextualizar adecuadamente los resultados, fortaleciendo la representatividad y aplicabilidad del modelo de producción sostenible desarrollado.

El modelado de la cadena de suministro verde para la producción de limón en la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena, permitió optimizar el sistema productivo mediante programación lineal, alcanzando un costo mínimo de \$17,200 tras 11 iteraciones, con 28 variables y 16 restricciones. La optimización mejoró las rutas de transporte y la cantidad óptima de unidades movilizadas, reduciendo costos y manteniendo la calidad del producto. Sin embargo, la integración de métricas de

sostenibilidad mediante modelación basada en agentes evidenció que la optimización por sí sola es insuficiente. El modelo conceptual y analítico desarrollado, adaptado desde la metodología existente, incorporó las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad. Además, para el análisis de sensibilidad, se consideraron escenarios pesimista y optimista. Entre los indicadores considerados se encuentran: uso de fertilizantes sintéticos (80 kg/ha real vs. 20 kg/ha ideal), diversidad de cultivos (3/5 real vs. 5/5 ideal), porcentaje de productores capacitados (50 % real vs. 100 % ideal), nivel de organización comunitaria (4/5 real vs. 5/5 ideal), rendimiento agrícola (8 ton/ha real vs. 12 ton/ha ideal) y acceso a mercados (2/5 real vs. 5/5 ideal). Adicionalmente, considerando un beneficio económico anual conservador de USD 5.800, la recuperación del costo de inversión proyectado (USD 4.032,19) se lograría en un plazo estimado de 0,69 años (aproximadamente 8,3 meses). Este corto horizonte de retorno refuerza la factibilidad técnica y económica del modelo, incentivando su adopción y escalabilidad en etapas futuras bajo distintos escenarios de análisis.

RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en la aplicación práctica de los modelos identificados, especialmente el modelado basado en agentes, para evaluar su efectividad en escenarios reales de la cadena de suministro verde del limón. Además, es fundamental fortalecer la integración de métodos cualitativos y cuantitativos, así como diversificar las técnicas de recolección de datos, con el fin de mejorar la precisión y adaptabilidad de los modelos frente a la complejidad y dinámica del sector. Finalmente, se sugiere fomentar la colaboración interdisciplinaria entre investigadores, productores y tomadores de decisiones para asegurar la implementación exitosa y sostenible de las estrategias propuestas.

Se recomienda profundizar en la aplicación y validación del modelo basado en agentes (MBA) para la producción sostenible de limón, incorporando variables adicionales que reflejen dinámicas socioeconómicas y ambientales locales. Además, se sugiere ampliar el enfoque metodológico mediante estudios longitudinales que permitan captar la evolución temporal del sistema productivo y su cadena de suministro verde. Esto facilitará la robustez y generalización del modelo, contribuyendo así a un marco metodológico integral que sirva como referencia para futuras investigaciones en sistemas agrícolas sostenibles.

Se recomienda adoptar y promover el modelo integrado de cadena de suministro verde desarrollado para la producción de limón en la comuna Sinchal, dada su capacidad para optimizar costos productivos y mejorar la eficiencia logística, tal como evidenciado en la reducción a un costo mínimo de USD 17.200 tras 11 iteraciones con múltiples variables y restricciones. No obstante, para garantizar un impacto positivo real en la sostenibilidad ambiental y social, es imprescindible complementar la optimización con métricas específicas que aborden el uso responsable de recursos naturales, la capacitación de productores y el fortalecimiento del acceso a mercados. La incorporación de escenarios pesimistas y optimistas, mediante la variación del índice de transición basado en indicadores clave de las dimensiones ambiental, social y económica, resulta esencial para evaluar de manera robusta la viabilidad y resiliencia del modelo frente a condiciones variables. Asimismo, el análisis financiero, que indica una rápida recuperación de la inversión (aproximadamente 8,3 meses), respalda la factibilidad técnica y económica, facilitando la escalabilidad del modelo en fases posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, S., & Ahmadi Choukolaei, H. (2023). A systematic review of green supply chain network design literature focusing on carbon policy. *Decision Analytics Journal*, 6, 100189. <https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2023.100189>
- Abeynayake, H. I. M. M., Goonetilleke, R. S., Wijeweera, A., & Reischl, U. (2023). Efficacy of information extraction from bar, line, circular, bubble and radar graphs. *Applied Ergonomics*, 109, 103996. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2023.103996>
- af Sandeberg, A., Båge, R., Nyman, A. K., Agenäs, S., & Hansson, H. (2023). Review: Linking animal health measures in dairy cows to farm-level economic outcomes: a systematic literature mapping. *Animal*, 17(10), 100971. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2023.100971>
- Ahmadini, A. A. H., Modibbo, U. M., Shaikh, A. A., & Ali, I. (2021). Multi-objective optimization modelling of sustainable green supply chain in inventory and production management. *Alexandria Engineering Journal*, 60(6), 5129–5146. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2021.03.075>
- Aithal, A., & Aithal, P. S. (2020). Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach. *International Journal of Management, Technology, and Social Sciences*, 233–251. <https://doi.org/10.47992/IJMTS.2581.6012.0116>
- Aladaileh, M. J., Lahuerta-Otero, E., & Aladayleh, K. J. (2024). Mapping sustainable supply chain innovation: A comprehensive bibliometric analysis. *Heliyon*, 10(7), e29157. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E29157>
- Al-Habaibeh, A., Watkins, M., Shakmak, B., Javareshk, M. B., & Allison, S. (2024). Assessing air quality and physical risks to E-scooter riders in urban environments through artificial intelligence and a mixed methods approach. *Applied Energy*, 376, 124282. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2024.124282>
- Alzubi, E., Shbikat, N., & Noche, B. (2023). A system dynamics model to improving sustainable performance of the citrus farmers in Jordan Valley. *Cleaner Production Letters*, 4, 100034. <https://doi.org/10.1016/J.CLPL.2023.100034>

- Apeji, U. D., & Sunmola, F. T. (2020). An Entropy-Based Approach for Assessing Operational Visibility in Sustainable Supply Chain. *Procedia Manufacturing*, 51, 1600–1605. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.223>
- Araya, F. (2016). *Agent based modeling: a tool for construction engineering and management? Modelación basada en agentes: ¿una herramienta para la ingeniería y gestión de la construcción?* Osman. www.ricuc.cl
- Arias Gonzáles, J. L. (2012). Guía para elaborar la operacionalización de variables. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, X(28), 42–56. <https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>
- Arias-Gómez, J., Ángel Villasís-Keever, M., & Guadalupe Miranda-Novales, M. (2016). *mEtodología dE la invEstigación*. www.nietoeditores.com.mx
- Becerra, P., Mula, J., & Sanchis, R. (2021). Green supply chain quantitative models for sustainable inventory management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129544. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129544>
- Boermans, D. D., Jagoda, A., Lemiski, D., Wegener, J., & Krzywonos, M. (2024). Environmental awareness and sustainable behavior of respondents in Germany, the Netherlands and Poland: A qualitative focus group study. *Journal of Environmental Management*, 370, 122515. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2024.122515>
- Boirivant, J. A. (2009). *Introducción LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICACIÓN DE LA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS*.
- Cabot, M. I., Lado, J., Clemente, G., & Sanjuán, N. (2022). Towards harmonised and regionalised life cycle assessment of fruits: A review on citrus fruit. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 567–585. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2022.07.024>
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003a). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003b). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)

- Caselles Moncho, A. (2008). *Modelización y simulación de sistemas complejos*.
Publicaciones de la Universidad de Valencia
- Castaño, F. C., Igal, K., Arreche, R., & Vázquez, P. (2022a). Synthesis of silica-based solids by sol-gel technique using lemon bio-waste: Juice, peels and ethanolic extract. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100322. <https://doi.org/10.1016/J.CRGSC.2022.100322>
- Castaño, F. C., Igal, K., Arreche, R., & Vázquez, P. (2022b). Synthesis of silica-based solids by sol-gel technique using lemon bio-waste: Juice, peels and ethanolic extract. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100322>
- CERDA L, J., & VILLARROEL DEL P, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1). <https://doi.org/10.4067/S0370-41062008000100008>
- Chakraborty, A., Al Amin, M., & Baldacci, R. (2023). Analysis of internal factors of green supply chain management: An interpretive structural modeling approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 7, 100099. <https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2023.100099>
- Chaudhuri, R., Singh, B., Agrawal, A. K., Chatterjee, S., Gupta, S., & Mangla, S. K. (2024a). A TOE-DCV approach to green supply chain adoption for sustainable operations in the semiconductor industry. *International Journal of Production Economics*, 275, 109327. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2024.109327>
- Chaudhuri, R., Singh, B., Agrawal, A. K., Chatterjee, S., Gupta, S., & Mangla, S. K. (2024b). A TOE-DCV approach to green supply chain adoption for sustainable operations in the semiconductor industry. *International Journal of Production Economics*, 275, 109327. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2024.109327>
- Chaves, J. O., Sanches, V. L., Viganó, J., de Souza Mesquita, L. M., de Souza, M. C., da Silva, L. C., Acunha, T., Faccioli, L. H., & Rostagno, M. A. (2022). Integration of pressurized liquid extraction and in-line solid-phase extraction to simultaneously extract and concentrate phenolic compounds from lemon peel (*Citrus limon* L.). *Food Research International*, 157, 111252. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.111252>
- Das, M., Jana, D. K., & Alam, S. (2022). Comparative study of centralized and decentralized scenarios of a three-tiered green supply chain in two-period using

- the game theoretical approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100054.
<https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2022.100054>
- Dehghan-Bonari, M., Bakhshi, A., Aghsami, A., & Jolai, F. (2021). Green supply chain management through call option contract and revenue-sharing contract to cope with demand uncertainty. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2, 100010.
<https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2021.100010>
- Drouet-Candel, A. E., Pérez-Castro, T., Cruz-La Paz, O. V, Elena, S., & Vía La Libertad, E. (2021a). Los sistemas de producción agrícola de las parroquias del norte de la provincia Santa Elena, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 42(4), 2.
<http://ediciones.inca.edu.cuoctubre-diciembre>
- Drouet-Candel, A. E., Pérez-Castro, T., Cruz-La Paz, O. V, Elena, S., & Vía La Libertad, E. (2021b). Los sistemas de producción agrícola de las parroquias del norte de la provincia Santa Elena, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 42(4), 2.
<http://ediciones.inca.edu.cuoctubre-diciembre>
- El jaouhari, A., Arif, J., Samadhiya, A., Naz, F., & Kumar, A. (2024). Exploring the application of ICTs in decarbonizing the agriculture supply chain: A literature review and research agenda. *Heliyon*, 10(8), e29564.
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E29564>
- Esfahbodi, A., Zhang, Y., Liu, Y., & Geng, D. (2023). The fallacy of profitable green supply chains: The role of green information systems (GIS) in attenuating the sustainability trade-offs. *International Journal of Production Economics*, 255, 108703. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2022.108703>
- Fageha, M. K., & Aibinu, A. A. (2013). Managing Project Scope Definition to Improve Stakeholders' Participation and Enhance Project Outcome. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74, 154–164.
<https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2013.03.038>
- Gad El Mola, K. M. S. (2023). Developing a framework for integration of a green supply chain at energy production using fuzzy-QFD. *Journal of Engineering Research*.
<https://doi.org/10.1016/J.JER.2023.09.002>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Mancheno, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Huber, R., Späti, K., & Finger, R. (2023). A behavioural agent-based modelling approach for the ex-ante assessment of policies supporting precision

- agriculture. *Ecological Economics*, 212, 107936.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2023.107936>
- Jasrotia, S. S., Rai, S. S., Rai, S., & Giri, S. (2024). Stage-wise green supply chain management and environmental performance: Impact of blockchain technology. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(2), 100241. <https://doi.org/10.1016/J.JJIMEI.2024.100241>
- Joshi, S. (2022). A review on sustainable supply chain network design: Dimensions, paradigms, concepts, framework and future directions. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 136–148. <https://doi.org/10.1016/J.SUSOC.2022.01.001>
- Kotronoulas, G., & Papadopoulou, C. (2023). A Primer to Experimental and Nonexperimental Quantitative Research: The Example Case of Tobacco-Related Mouth Cancer. *Seminars in Oncology Nursing*, 39(2), 151396. <https://doi.org/10.1016/J.SONCN.2023.151396>
- Kunkel, S., Matthes, M., Xue, B., & Beier, G. (2022). Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, 106274. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2022.106274>
- Lalinde, H., Diego, J., Castro, E., Rangel, C., Gerardo, J., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Pirela, B., & José, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Li, Z., Zhou, M., Liu, N., Zhang, F., An, K., Xiong, X., Fan, S., Sun, Q., & Le, T. (2023). Engineered biochar derived from lemon peel waste for highly efficient removal of organic pollutants from water. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(10), 105158. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2023.105158>
- Liu, T., Guan, X., Wang, Z., Qin, T., Sun, R., & Wang, Y. (2024a). Optimizing green supply chain circular economy in smart cities with integrated machine learning technology. *Heliyon*, 10(9), e29825. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E29825>
- Liu, T., Guan, X., Wang, Z., Qin, T., Sun, R., & Wang, Y. (2024b). Optimizing green supply chain circular economy in smart cities with integrated machine learning technology. *Heliyon*, 10(9), e29825. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29825>

- López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto Cero*, 09(08), 69–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Lowe, M. S., Stone, S. M., Maxson, B. K., Snajdr, E., & Miller, W. (2020). Boolean redux: Performance of advanced versus simple boolean searches and implications for upper-level instruction. *The Journal of Academic Librarianship*, 46(6), 102234. <https://doi.org/10.1016/J.ACALIB.2020.102234>
- Mahato, N., Sharma, K., Sinha, M., Baral, E. R., Koteswararao, R., Dhyani, A., Hwan Cho, M., & Cho, S. (2020). Bio-sorbents, industrially important chemicals and novel materials from citrus processing waste as a sustainable and renewable bioresource: A review. *Journal of Advanced Research*, 23, 61–82. <https://doi.org/10.1016/J.JARE.2020.01.007>
- Manterola, C., Quiroz, G., Salazar, P., & García, N. (2019). Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 36–49. <https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2018.11.005>
- Martínez, L. M. R. (2012). El diseño de investigación en educación: conceptos actuales. *Investigación En Educación Médica*, 1(1), 35–39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349736284008>
- Meager, S., Kumar, V., Ekren, B., & Paddeu, D. (2020). Exploring the Drivers and Barriers to Green Supply Chain Management Implementation: A study of Independent UK Restaurants. *Procedia Manufacturing*, 51, 1642–1649. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.229>
- Mejía-Benavides, J. E., Díaz-Cervantes, E., & Fuentes-Ocampo, L. (2021). Descripción de población, muestra y muestreo. In *Metodología para la investigación en enfermería* (pp. 137–145). La Biblioteca. <https://doi.org/10.59760/8733385.09>
- Mucha Hospinal, L. F., Chamorro Mejía, R., Oseda Lazo, M. E., & Alania-Contreras, R. D. (2021). Evaluación de procedimientos que se toman para la población y muestra en trabajos de investigación. *Desafíos*, 12(1). <https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Muentes-Rodríguez, R. B., Montilla-Pacheco, A. de J., & Pacheco-Gil, H. A. (2023). Importancia de la agroecología en la mitigación de impactos ambientales derivados del uso de agroquímicos en Ecuador. *Revista de Ciencias*

- Agropecuarias* ALLPA, 6(12), 25–39.
<https://doi.org/10.56124/allpa.v6i12.0062>
- Muyulema-Allaica, J. C., & Tapias-Molina, D. B. (2024). Agent-Based Modeling for the Estimation of Organizational Sustainability Indicators in Agri-Food SMEs. *2024 4th International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, 1–10.
<https://doi.org/10.1109/ICECCME62383.2024.10796260>
- Muyulema-Allaica, J.C., Menéndez-Zaruma, C.M., Balseca-Castro, J.E., Aguirre-Flores, F.X. (2025). Hybrid AHP-DEMATEL model for prioritizing key resilience and sustainability drivers and controllers in agri-food supply chains. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, Vol. 58, No. 4, pp. 841-852.
<https://doi.org/10.18280/jesa.580418>
- Muyulema-Allaica, J.C., & Ruiz-Puente, C. (2022). Framework proposal for the design of lean circular production systems based on case studies,” *DYNA*, vol. 97, no.5, pp. 515-521. doi: <https://doi.org/10.6036/10540>
- Natembeya, M. C., Anudjo, M. N. K., Ackah, J. A., Osei, M. B., & Akudjedu, T. N. (2024). The environmental sustainability implications of contrast media supply chain disruptions during the COVID-19 pandemic: A document analysis of international practice guidelines. *Radiography*, 30, 43–54.
<https://doi.org/10.1016/J.RADI.2024.05.017>
- Neumann-Collyer, V., Hernández-Pérez, K., Moena González, B. P., & Rauch Gajardo, M. F. (2023). Estudio de validación de la versión chilena de la Evaluación Cognitiva Dinámica de Terapia Ocupacional de Loewenstein (DLOTCA). *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 31.
<https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoao258333743>
- Özbek, O., Dokumacı, K. Y., & Gökdoğan, O. (2023). Analysis of Energy Use Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Lemon (*Citrus lemon* L.) Production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 65(5), 1705–1712.
<https://doi.org/10.1007/s10341-023-00886-9>
- Pereda, M., & Zamarreño, J. M. (2015). Agent-Based Modelling: An Approach from the Systems Engineering. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 12(3), 304–312.
<https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.02.007>

- Prieto Castellanos, B. J. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cc18-46.umdi>
- Qin, Q., Jiang, M., Xie, J., & He, Y. (2021). Game analysis of environmental cost allocation in green supply chain under fairness preference. *Energy Reports*, 7, 6014–6022. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.09.020>
- Saetta, S., & Caldarelli, V. (2020). Lean production as a tool for green production: the Green Foundry case study. *Procedia Manufacturing*, 42, 498–502. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.02.042>
- Santa Elena, C. (2012). *MEMORIA TÉCNICA “GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000” COMPONENTE 4: “SISTEMAS PRODUCTIVOS.”*
- Shim, S. Y., Kim, J. H., Kho, K. H., & Lee, M. (2020). Anti-inflammatory and anti-oxidative activities of lemon myrtle (*Backhousia citriodora*) leaf extract. *Toxicology Reports*, 7, 277–281. <https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2020.01.018>
- Sousa, V. D., Driessnack, M., & Mendes, I. A. C. (2007). An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: quantitative research designs. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15(3), 1–6. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300022>
- Sreenivasan, A., & Suresh, M. (2024). Sustainability-controlled measures for resilient management of fresh and short food startups supply chain. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 3, 100024. <https://doi.org/10.1016/J.SMSE.2024.100024>
- Taghavi, E., Fallahpour, A., Wong, K. Y., & Amirali Hoseini, S. (2021). Identifying and prioritizing the effective factors in the implementation of green supply chain management in the construction industry. *Sustainable Operations and Computers*, 2, 97–106. <https://doi.org/10.1016/J.SUSOC.2021.05.003>
- Thampan, A., Rajasekar, E., & Gurjar, B. R. (2023). Application of Agent-Based Modelling for Evaluating Level of Service in Airports. *Transportation Research Procedia*, 75, 151–160. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2023.12.018>

- Troost, C., Huber, R., Bell, A. R., van Delden, H., Filatova, T., Le, Q. B., Lippe, M., Niamir, L., Polhill, J. G., Sun, Z., & Berger, T. (2023). How to keep it adequate: A protocol for ensuring validity in agent-based simulation. *Environmental Modelling & Software*, *159*, 105559. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2022.105559>
- Vallejo, M. (2002). *El diseño de investigación: una breve revisión metodológica*. 72, 8–12. www.cardiologia.org.mx
- Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., Orozco-Cirilo, S., Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., & Orozco-Cirilo, S. (2020). Evolución de la especialización y competitividad de la producción de limón en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(5), 1043–1056. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2218>
- Villen-Guzman, M., Cerrillo-Gonzalez, M. M., Paz-Garcia, J. M., Rodriguez-Maroto, J. M., & Arhoun, B. (2021). Valorization of lemon peel waste as biosorbent for the simultaneous removal of nickel and cadmium from industrial effluents. *Environmental Technology & Innovation*, *21*, 101380. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2021.101380>
- Wallwey, C., & Kajfez, R. L. (2023). Quantitative research artifacts as qualitative data collection techniques in a mixed methods research study. *Methods in Psychology*, *8*, 100115. <https://doi.org/10.1016/J.METIP.2023.100115>
- Wang, X., Chen, G., & Xu, S. (2022). Bi-objective green supply chain network design under disruption risk through an extended NSGA-II algorithm. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *3*, 100025. <https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2021.100025>
- Xiao, F., Liu, Q., Qin, Y., Huang, D., & Liao, Y. (2024). Agricultural drought research knowledge graph reasoning by using VOSviewer. *Heliyon*, *10*(6), e27696. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E27696>
- Zhuo, L. C., Abang Zamhari, D. N. J. binti, Yong, A. S. K., Shapawi, R., & Lin, Y. H. (2021). Effects of fermented lemon peel supplementation in diet on growth, immune responses, and intestinal morphology of Asian sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture Reports*, *21*, 100801. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100801>

Anexo B: Cuestionario de preguntas estructuradas para la recolección de datos.



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



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA – ECUADOR

OBJETIVO: Recolectar información por medio de una encuesta constituida por preguntas cerradas, con el propósito de obtener datos que contribuyan al cumplimiento del objetivo general de la investigación que tiene por título “Modelización de la cadena de suministro verde en la producción de limón (citrus limon) comuna Sinchal, cantón Santa Elena – Ecuador”.

INDICACIONES: El presente cuestionario es de carácter académico y está constituido por 8 preguntas, las cuales deben ser leídas cuidadosamente, consecuentemente marque su respuesta con una “x” según estime conveniente. Completar la encuesta no requerirá esfuerzo ni tiempo excesivo. Por el tiempo dedicado a responder este cuestionario se extiende un agradecimiento anticipado.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo de contenedor emplea para empacar sus productos?

- (4) Cajas de cartón.
- (3) Fundas Plásticas
- (2) Sacos de arpillera
- (1) Gavetas plásticas.

2. A la fecha de realizada esta encuesta, ¿Cómo cataloga su producción?

- (4) Producción alta.
- (3) Producción media alta.
- (2) Producción media baja.
- (1) Producción baja.

3. ¿Cuántas unidades de producto empacado suministra aproximadamente al día, en esta temporada?

- (4) 15 unidades de producto empacado.
- (3) 10 unidades de producto empacado.



(2) 7 unidades de producto empacado.

(1) 4 unidades de producto empacado.

4. ¿Cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo?

(4) Plantaciones – Almacenamiento – Distribuidores.

(3) Almacenamiento - Distribuidores.

(2) Plantaciones – Distribuidores.

(1) Plantaciones – Almacenamiento.

5. ¿En qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos?

(4) Tramo plantaciones – almacenamiento - distribuidores.

(3) Tramo plantaciones - almacenamiento.

(2) Tramo almacenamiento – distribuidores.

(1) En ningún tramo del sistema productivo.

6. ¿Qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos?

(4) Bodega de almacenamiento.

(3) Exteriores de la zona de plantación.

(2) Cancha.

(1) Casa.

7. ¿Cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento? Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD.

(4) \$ 0.50.



- (3) \$ 1,00.
- (2) \$ 1,50.
- (1) \$ 2,00.

8. ¿Cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores?

Expresado en dólares de los Estados Unidos de América USD.

- (4) \$ 0.50.
- (3) \$ 1.00.
- (2) \$ 1.50.
- (1) \$ 2.00.

9. ¿Tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.
- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

10. ¿En sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.
- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

11. ¿En la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.



- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

12. ¿Implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.
- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

13. ¿Actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.
- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

14. ¿Ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?

- (4) Definitivamente Si.
- (3) Si.
- (2) No.
- (1) Definitivamente No.

Anexo C: Formato para la validación del instrumento.



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



FORMATO PARA LA VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.- DATOS DEL ESTUDIANTE			
Apellidos:	LÓPEZ BORBOR		
Nombres:	GISSEL MAGALY		
Nº Cédula:	0922801923	Nº Matrícula:	12019962220
E-mail:	gissel.lopezborbor@upse.edu.ec		
2.- DATOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
1. Tema	"MODELIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO VERDE EN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN (CITRUS LIMON) COMUNA SINCHAL, CANTÓN SANTA ELENA - ECUADOR"		
2. Descripción	<p>Es un hecho sabido que, en las últimas décadas a causa de las intensas preocupaciones ambientales, los sectores productivos se han visto en la necesidad de transformar sus procesos, de manera que resulten inofensivos con el medio ambiente, incitándolos a incorporar componentes verdes a sus SC clásicas (Dehghan-Bonari et al., 2021), (Taghavi et al., 2021); esto motivo el surgimiento del concepto de cadena de suministros verdes (GSC, por sus siglas en inglés), el cual es entendido en su naturaleza como una ampliación de la SC tradicional, cuyo enfoque primordial es mitigar el impacto de las repercusiones ambientales negativas generadas por las SC, a través de la incorporación de prácticas que promuevan la salud ambiental en las todas las etapas de la cadena. La integración de prácticas sostenibles en las cadenas de suministro agrícola se ha convertido progresivamente en un factor necesario, con su aplicación se espera no solo mejorar la calidad del producto final, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental, social y económica de la comuna.</p>		
3. Objetivos	<p>Objetivo General: Modelar la cadena de suministro verde en la producción de limón (citrus limon) comuna Sinchal, cantón Santa Elena – Ecuador.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Establecer un estado del arte a través de un mapeo sistemático de literatura para la comprensión de las variables de estudio. – Estructurar un marco metodológico mediante métodos y técnica de investigación para generar un modelo de producción sostenible. – Realizar el modelado de la cadena de suministro, integrando los factores claves de la producción de limón en la comuna Sinchal. 		
4. Hipótesis	¿Cómo el desarrollo de una modelización de la cadena de suministro verde incide significativamente en la producción del limón de la comuna Sinchal, provincia de Santa Elena?		
3.- DATOS DEL EXPERTO EVALUADOR			
Nombre del experto:		Institución o afiliación:	
Años de Experiencia:		Fecha de validación:	
<hr/> FIRMA DEL EVALUADOR			



4.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Qué tipo de contenedor emplea para empaclar sus productos?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°1	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



5.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	A la fecha de realizada esta encuesta, ¿Cómo cataloga su producción?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°2	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



6.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Cuántas unidades de producto empacado suministra aproximadamente al día, en esta temporada?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°3	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



7.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Cuáles son los eslabones que constituyen su sistema productivo?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°4	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



8.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿En qué tramo de su sistema productivo establece asociatividad con otros productores para el traslado de sus productos?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°5	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



9.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Qué lugar ocupa para el almacenamiento de sus productos?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°6	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



10.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Cuál es el costo de traslado desde las plantaciones hasta el lugar de almacenamiento?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°7	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



11.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Cuál es el costo de traslado desde el lugar de almacenamiento hasta los distribuidores?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°8	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



12.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Tiene conocimientos referentes a lo que es una cadena de suministro verde?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°9	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



13.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

		Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°10	¿En sus procesos de producción agrícola incorpora prácticas ambientalmente responsables?							
	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
		Razones por las que se estima no adecuada						
		Razones por las que se estima no pertinente						
		Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)						



14.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿En la actualidad colabora con proveedores con conciencia ambiental?		Grado de acuerdo					
			1	2	3	4	5	6
Pregunta N°11	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



15.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Implementa estrategias de reciclaje y reutilización de residuos en sus procesos de producción agrícola?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°12	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



16.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Actualmente implementa medidas para reducir la huella de carbono de su sistema productivo?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°13	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							



17.- EVALUACIÓN

A continuación, se presenta la pregunta que será sometida a evaluación, con el propósito de garantizar la validez del contenido en función del nivel de pertinencia y adecuación.

- Analice detalladamente cada afirmación.
- Indique su grado de acuerdo con las afirmaciones, marcando con una X en la casilla que mejor se adecue a su criterio. Utilizando la siguiente escala:
 - 1 = totalmente en desacuerdo
 - 2 = bastante en desacuerdo
 - 3 = un poco en desacuerdo
 - 4 = un poco de acuerdo
 - 5 = bastante de acuerdo
 - 6 = totalmente de acuerdo

	¿Ha considerado emplear tecnologías relacionadas con la sostenibilidad ambiental?	Grado de acuerdo						
		1	2	3	4	5	6	
Pregunta N°14	PERTINENCIA	La pregunta captura información significativa para la temática estudiada.						
		La pregunta está relacionada con la temática estudiada.						
	ADECUACIÓN	La pregunta se ajusta a las características de los sujetos de estudio.						
		La pregunta emplea un lenguaje comprensible para los sujetos de estudio.						
		La pregunta es fácil de responder y no requiere un alto nivel intelectual por parte de los sujetos de estudio.						
	Observaciones y recomendaciones referentes a la pregunta							
	Razones por las que se estima no adecuada							
	Razones por las que se estima no pertinente							
	Propuesta de mejora (supresión, sustitución o modificación)							