REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Evaluación de la Huella de Carbono en la producción de queso tipo paria en una industria láctea en el distrito de Ayaviri, departamento de Puno para el año 2023

Tesis presentada por la Bachiller:

Rojas Sarmiento, Gabriela Veronica

ORCID: 0000-0002-7923-3733

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor(a):

Mg. Chanove Manrique, Andrea Marieta

ORCID: 0000-0001-9170-1328

Arequipa – Perú

2025

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Julio del 2025

Dictamen: 010118-C-EPIA-2025

Visto el borrador del expediente 010118, presentado por:

2017826132 - ROJAS SARMIENTO GABRIELA VERONICA

Titulado:

EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO TIPO PARIA EN UNA INDUSTRIA LÁCTEA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, DEPARTAMENTO DE PUNO PARA EL AÑO 2023

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO AMBIENTAL

29611452 - ARENAZAS RODRIGUEZ ARMANDO JACINTO
DICTAMINADOR

29519918 - BEJARANO MEZA MARIA ELIZABETH
DICTAMINADOR

43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR

Evaluación de la Huella de Carbono en la producción de queso tipo paria en una industria láctea en el distrito de Ayaviri, departamento de Puno para el año 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	18%	9%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	ria.utn.edu.ar Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
8	issuu.com Fuente de Internet	<1%
9	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.xoc.uam.mx Fuente de Internet	<1%
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
12	orcid.org Fuente de Internet	<1%
13	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1%

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A mis padres Fausto y Rosa, por darme no solo el valor y la motivación para seguir adelante ante cada dificultad, sino también los principios y la fortaleza con los que me forjaron: un corazón templado en acero, pero cálido con los suyos.

A Carla Mishell, mi querida amiga de largas conversaciones y caminatas, que ahora brilla junto a las estrellas. Me entendiste antes de que yo pudiera hacerlo. Así que créeme: en cada crisis existencial te recuerdo. Y aunque ese bosque oscuro sigue siendo parte de mí, gracias a ti, ahora también puedo apreciar el vuelo libre de las aves en un cielo de miles de posibilidades.

Esta tesis es una carta de victoria para mi yo de pequeña, que se sentía abrumada y aislada en los hostiles pasillos de aquel colegio que nos marcó de por vida. Para todas esas veces que tuvimos que destruirnos a base de sobreexigencia por no ser lo suficientemente brillantes y perfectos para sus estándares medidos con desdén y agresividad.

He ganado. Finalmente somos libres.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Paul, por ser fastidiosamente insistente. Te lo agradezco… otra vez.

A mi pequeño gran amigo felino, Fritz, siempre a mi lado en los peores y mejores momentos.

Al Mg. Derlis Gonzales, quien amablemente me asesoró en el uso del software Air.e HdC y me ayudó a encaminar esta tesis hasta su final.

A la Mg. Andrea Chanove, por su paciencia y guía durante este proceso.

A la Universidad Católica de Santa María por darme un nuevo respiro y permitirme conocer a maravillosas personas que se convirtieron en mis amigos.

Y a las palabras de Albert Camus: "*No existe destino que no se venza con el desprecio.*" Porque solo al aceptar con ira el sinsentido, pude volver a mí misma… y encontrar el coraje que creí en muchas ocasiones perdido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la huella de carbono de la producción de queso tipo paria en el distrito de Ayaviri, departamento de Puno, durante el año 2023. Para ello, se siguieron los lineamientos establecidos por la norma ISO 14067, que detalla la evaluación de la huella de carbono del producto bajo un enfoque de ciclo de vida. Se recopiló información sobre la producción de queso, el consumo de leche y otros insumos como cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio ($CaCl_2$), así como sobre el uso de combustibles y electricidad en la empresa de lácteos Flor Andina S.R.L. a lo largo del periodo productivo 2023. Posteriormente, se organizó la información y se aplicó la herramienta estandarizada Air.e HdC para el cálculo y valoración de la huella de carbono para un kilogramo de queso tipo Paria. Los resultados evidencian, en primer lugar, la eficiencia productiva de la empresa artesanal Flor Andina S.R.L. frente a otras plantas de producción, tanto a nivel nacional como internacional, al utilizar una menor cantidad de leche por kilogramo de queso, con un valor de 7.46 kg. Esta eficiencia también se reflejó en el valor de la huella de carbono, que fue de 8.20 kg CO_2 equivalente por kg de queso tipo Paria, siendo este el menor en comparación con otras plantas ubicadas en distritos de Puno, Arequipa, Brasil y España.

Se determinó que el principal contribuyente a la huella de carbono fue la leche cruda, o precisamente su proceso de producción, con un aporte de 6.86 kg CO_2 eq. En términos generales, las materias primas representaron el 84.09 % del total de la huella. Por ello, las medidas de mejora propuestas se enfocan en la reducción de las emisiones indirectas o de Alcance 3, cuyo total fue de 8.08 kg CO_2 eq. Estas incluyen la gestión adecuada y sostenible del estiércol bovino mediante mejoras en la alimentación del ganado, la reducción del metano entérico, la optimización del transporte de materia prima por terceros, la capacitación a los productores de leche y el aprovechamiento del suero lácteo mediante su transformación en biocombustible.

Palabras clave: Huella de carbono; queso tipo paria; Air.e HdC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

This research assessed the carbon footprint of Paria cheese production in the district of Ayaviri, department of Puno, during the year 2023. For this purpose, the guidelines established by the ISO 14067 standard were followed, which details the evaluation of the product's carbon footprint under a life-cycle perspective. Information was collected on cheese production, milk consumption and other inputs such as sodium chloride (NaCl) and calcium chloride ($CaCl_2$), as well as fuel and electricity use in the dairy industry Flor Andina S.R.L. throughout the 2023 production period. Subsequently, the information was organized and the standardized tool Air.e HdC was applied for the calculation and valuation of the carbon footprint per one kilogram of Paria cheese. The results show, first of all, the production efficiency of the artisanal industry Flor Andina S.R.L. compared to other production plants, both nationally and internationally, by using a smaller amount of milk per kilogram of cheese, with a value of 7.46 kg. This efficiency was also reflected in the carbon footprint value, which was 8.20 kg CO_2 equivalent per kg of Paria cheese, this being the lowest compared to other plants located in districts of Puno, Arequipa, Brazil and Spain.

It was determined that the main contributor to the carbon footprint was raw milk, or more specifically its production process, with a contribution of 6.86 kg CO_2 eq. Overall, raw materials accounted for 84.09 % of the total footprint. Therefore, the proposed improvement measures focus on reducing indirect or Scope 3 emissions, whose total was 8.08 kg CO_2 eq. These include the adequate and sustainable management of cattle manure through improvements in cattle feeding, the reduction of enteric methane, the optimization of raw material transportation by third parties, training for milk producers and the use of whey by transforming it into biofuel.

Key Words: Carbon Footprint; paria cheese; Air.e HdC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1. Problemática de la investigación 4

1.2. Justificación de la investigación 5

1.2.1. Justificación ambiental 5

1.2.2. Justificación social 6

1.2.3. Justificación económica 6

1.2.4. Justificación institucional 7

1.3. Objetivos de la investigación 8

1.3.1. Objetivo general 8

1.3.2. Objetivos específicos 8

CAPÍTULO II 9

2. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN 10

2.1. Antecedentes de la investigación 10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.1.1. Antecedentes Internacionales 10

2.1.2. Antecedentes Nacionales 16

2.2. Marco teórico 19

2.2.1. Aspectos fundamentales del Cambio climático y Gases de Efecto Invernadero 19

2.2.2. Perspectiva de ciclo de vida como marco para el desarrollo de la Huella de Carbono 29

2.2.3. Huella de carbono 46

2.2.4. Producción láctea y manufactura del queso tipo paria 50

2.2.5. Impactos ambientales en la industria láctea 63

2.2.6. Estrategias de reducción de la huella de carbono en la industria láctea 64

2.3. Marco legal 67

2.3.1. Normativa internacional 67

2.3.2. Normativa local 68

CAPÍTULO III 71

3. METODOLOGÍA 72

3.1. Tipo y nivel de investigación 72

3.1.1. Tipo de investigación 72

3.1.2. Nivel de investigación 72

3.2. Campo de verificación 72

3.2.1. Ubicación 72

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.2. Unidad de estudio o muestra 77

3.3. Métodos de investigación 77

3.3.1. Caracterización técnica y operativa del proceso productivo de queso tipo paria 77

3.3.2. Cálculo de las emisiones de CO_2 eq. asociadas a la producción de queso paria 81

3.3.3. Identificación de los puntos críticos de emisión en el sistema productivo 91

3.3.4. Estrategias de mitigación de GEI adaptadas al contexto productivo de Ayaviri 92

CAPÍTULO IV 95

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES 96

4.1. Caracterización técnica y operativa del proceso productivo 96

4.1.1. Definición de objetivos y alcance 96

4.1.2. Descripción del proceso de producción de queso tipo paria 100

4.2. Cálculo de las emisiones de CO_2 eq. por kilogramo de queso paria 111

4.2.1. Balance de masa 111

4.2.2. Aplicación de la herramienta de cálculo estandarizada: Air.e HdC 116

4.3. Identificación de los puntos críticos con mayor aporte de emisiones 136

4.3.1. Análisis cuantitativo y validación comparativa de la huella de carbono por unidad de producto 136

4.3.2. Análisis de emisiones diferenciadas por alcance en el proceso productivo 144

4.3.3. Análisis de puntos críticos de emisión en la producción de queso tipo paria 151

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. Estrategias de mitigación de GEI aplicadas al contexto productivo de Ayaviri 167

4.4.1. Planteamiento de propuesta de gestión de emisiones en la fase agrícola y ganadera de la producción de la leche 167

4.4.2. Capacitaciones y cursos instructivos con el fin de concientizar de la importancia de la huella de carbono 173

4.4.3. Oportunidades de mejora en el proceso operativo de producción de queso tipo paria en la planta de lácteos Flor Andina S.R.L. 176

CAPÍTULO V 179

CONCLUSIONES 180

RECOMENDACIONES 182

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 184

ANEXOS 208

Anexo 1. Tablas de producción y cálculos de consumos 208

Anexo 2. Factores de emisión 217

Anexo 3. Diagrama de producción 219

Anexo 4. Solicitudes y permisos 220

Anexo 5. Encuesta y registro de datos 224

Anexo 6. Imágenes recopiladas en campo 226

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Descripción de los gases de efecto invernadero* 21

Tabla 2. *Elementos del alcance en el Análisis de Ciclo de Vida* 31

Tabla 3. *Aspectos clave para un análisis de inventario* 34

Tabla 4. *Aspectos relevantes del EICV* 38

Tabla 5. *Elementos de la interpretación del ACV* 41

Tabla 6. *Categorías de impacto y sus unidades* 43

Tabla 7. *Distribución de las plantas queseras en la región de Puno* 54

Tabla 8. *Producción de quesos en empresas agroindustriales investigadas en el año 2022* 55

Tabla 9. *Información general de industrias lácteas Flor Andina S.R.L.* 58

Tabla 10. *Coordenadas de ubicación de la planta de producción de queso Flor Andina S.R.L* 73

Tabla 11. *Organización para la recolección de información* 79

Tabla 12. *Organización para la recolección de información* 80

Tabla 13. *Elementos base del alcance del sistema* 96

Tabla 14. *Comparativa de aspectos base en la producción de queso tipo paria entre varios autores* 108

Tabla 15. *Balance de entradas y salidas en la producción de queso paria* 112

Tabla 16. *Balance de masa cerrado de la producción de queso tipo paria* 114

Tabla 17. *Comparación del rendimiento productivo entre investigaciones* 116

Tabla 18. *Comparación de la huella de carbono para 1kg de queso entre diversos autores e investigaciones internacionales* 141

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 19. *Comparación de la huella de carbono para 1kg de queso entre diversos autores e investigaciones nacionales* 143

Tabla 20. *Resumen de resultados obtenidos* 166

Tabla 21. *Comparativa de emisiones por raza de bovinos* 169

Tabla 22. *Escenario de mitigación de metano entérico con un sistema mejorado de alimentación en Puno* 170

Tabla 23. *Viabilidad económica de la propuesta de biodigestores en zonas rurales* 172

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Incremento de las emisiones de GEI debido a las actividades antropogénicas* 23

Figura 2. *Concentración de los GEI en periodo 1850 - 2019*..... 24

Figura 3. *Emisiones de totales de CO_2 eq. en Perú en el año 2019* 25

Figura 4. *Temperatura 2019 - 2023 cercana a la superficie* 26

Figura 5. *Fases del Análisis de Ciclo de Vida* 30

Figura 6. *Evaluación de impacto del ciclo de vida* 37

Figura 7. *Componentes de la interpretación del ciclo de vida* 40

Figura 8. *Distribución de variedades de queso en la región Puno* 56

Figura 9. *Regiones de destino de queso*..... 57

Figura 10. *Diagrama de flujo de la producción de queso tipo paria* 62

Figura 11. *Mapa de ubicación de Industrias lácteas Flor Andina S.R.L.* 74

Figura 12. *Mapa de ubicación de los distritos donde se realiza el acopio de leche*..... 75

Figura 13. *Proporción de la distribución del producto a nivel regional* 76

Figura 14. *Software Air.e HdC creado por Solid Forest*..... 84

Figura 15. *Sistematización del software Air.e HdC para el ingreso de datos*..... 85

Figura 16. *Configuración de unidades de entrada para el consumo de combustibles* 86

Figura 17. *Configuración del software para km recorridos*..... 87

Figura 18. *Asignación de tipo de emisiones* 87

Figura 19. *Creación del archivo de trabajo en Air.e HdC*..... 88

Figura 20. *Ingreso de la normativa a aplicar en el cálculo de la huella de carbono*..... 89

Figura 21. *Esquema metodológico*..... 94

Figura 22. *Límites del sistema de producción de queso tipo paria*..... 98

Figura 23. *Descargo de la leche en las tinas*..... 102

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 24. *Batido de la cuajada* 103

Figura 25. *Etapas de pre prensado y moldeado* 103

Figura 26. *Diagrama de flujo de la producción de queso tipo paria en la empresa Flor Andina S.R.L.* 104

Figura 27. *Diagrama de entradas y salidas del proceso productivo de queso tipo paria* 105

Figura 28. *Creación del archivo en el software Air.e HdC* 117

Figura 29. *Ingreso de datos de consumo de leche cruda* 118

Figura 30. *Ingreso de datos de consumo de sal* 119

Figura 31. *Ingreso de información del consumo de cloruro de calcio* 120

***F*igura 32.** *Ingreso de consumo de combustibles para transporte de la leche* 122

Figura 33. *Ingreso de datos por el transporte de leche de parte de terceros* 123

Figura 34. *Ingreso de datos por el transporte de sal y cloruro de calcio de parte de terceros* 124

Figura 35. *Ingreso de datos por consumo de petróleo para a generación de vapor* 125

Figura 36. *Ingreso de datos correspondiente a la distribución del producto* 126

Figura 37. *Consumo de energía eléctrica* 127

Figura 38. *Ingreso de datos de consumo energético en la planta de maduración* 128

Figura 39. *Ingreso de datos del consumo de hipoclorito de sodio* 129

Figura 40. *Entrada de datos de consumo de implementos de limpieza* 130

Figura 41. *Esquema de emisiones de CO_2 equivalente* 134

Figura 42. *Resultados del cálculo de huella de carbono de la producción del queso tipo paria* 137

Figura 43. *Gráfica comparativa de huella de carbono para una unidad funcional de queso - investigaciones internacionales* 139

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 44. *Gráfica comparativa de huella de carbono para una unidad funcional de queso – investigaciones nacionales* 142

Figura 45. *Huella de carbono en CO_2 eq. por tipo de emisión* 145

Figura 46. *Emisiones directas o de Alcance 1* 146

Figura 47. *Emisiones indirectas de Alcance 2* 147

Figura 48. *Emisiones indirectas de Alcance 3* 148

Figura 49. *Distribución porcentual de las emisiones en el proceso productivo* 152

Figura 50. *Gráfica de emisiones por actividad en g de CO_2 eq.* 153

Figura 51. *Gráfica de emisiones por actividad en kg de CO_2 eq.* 155

Figura 52. *Emisiones por consumo de materias primas* 156

Figura 53. *Porcentaje de aporte de emisiones por consumo de materias primas* 157

Figura 54. *Emisiones por consumo de implementos de limpieza* 158

Figura 55. *Emisiones por el transporte de materias primas* 159

Figura 56. *Comparación del porcentaje de aporte del consumo de aporte de leche cruda a la huella de carbono* 162

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Gases de Efecto Invernadero:** Se los considera a los gases que atrapan y retienen el calor en la atmósfera. Los gases de GEI representativos son el dióxido de carbono CO_2, metano CH_4, Óxido nitroso N_2O, vapor de agua H_2O, ozono O_3, y gases fluorados.
- **Análisis de Ciclo de Vida:** Herramienta metodológica que permite evaluar los impactos ambientales de un producto, servicio o actividad a lo largo su respectivo ciclo de vida. Se clasifica en 18 categorías de impacto.
- **Huella de Carbono:** También denominado como Potencial de cambio climático**.** Es la medida o rastro de los gases de efecto invernadero generados por las actividades antropogénicas. Es un indicador ambiental que mide tanto las emisiones directas como indirectas de los gases de efecto invernadero.
- **ISO 14067:** Norma internacional que establece los requisitos y procedimientos para calcular y comunicar la huella de carbono de productos con un enfoque de ciclo de vida.
- **Alcance (1,2,3):** Clasificación de emisiones de GEI, sean directas o indirectas establecidas por el GHG protocol en el 2004.
- **LCGP:** Es la forma en la que se contabilizan las emisiones de Carbono equivalente en lo que respecta a la producción de la leche. Cuyo contenido en grasa y proteína influencia en el valor energético de la leche.
- **Cradle to gate:** Denominado comúnmente “de la cuna a la puerta” y está relacionado con el análisis de ciclo de vida. En esta evaluación se incluyen las fases de la extracción de materias primas, transformación de dichas materias y su salida de la planta.
- **Cradle to grave:** También denominado “de la cuna a la tumba”, se incluyen las fases de extracción de materias primas, transformación o manufactura, traslado o distribución y disposición final.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABREVIATURAS

- **IPCC:** Panel Intergubernamental del Cambio Climático
- **GHG protocol:** Green House Gas Protocol o Estándar Corporativo del Protocolo de GEI
- **GEI:** Gases de efecto Invernadero
- **ACV:** Análisis de ciclo de vida
- **HdC:** Huella de Carbono
- **LCGP:** Leche Corregida por Grasa y Proteína
- **Air.e HdC:** Software español diseñado para el cálculo de huella de carbono
- **kg CO_2 eq/kg:** kilogramos de dióxido de carbono equivalente por kilogramo de producto
- **CH_4:** Metano
- **N_2O:** Óxido nitroso

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

En 2022, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) informó que la población mundial había alcanzado un récord de 8 mil millones de habitantes (Naciones Unidas, 2022). Este notable aumento poblacional genera una creciente demanda calórica en la alimentación de los individuos, lo cual, a su vez, implica la necesidad de extraer mayores recursos para satisfacer las necesidades de la población. En consecuencia, el incremento demográfico y la demanda alimentaria conllevan directamente un aumento en la necesidad de producción de alimentos y la consiguiente sobreexplotación de recursos naturales (Luna et al., 2018).

Castro (2014) manifiesta que, como consecuencia de este fenómeno, se desencadenan efectos adversos en los servicios ecosistémicos y se ejerce una influencia considerable en el calentamiento global. La industria alimentaria como tal, emerge como la actividad humana más impactante en el medio ambiente, siendo responsable de hasta el 30 % de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (Gosalvitr et al., 2019). Partiendo desde la extracción de materia prima como fuente para la producción de alimentos básicos como proteínas; carnes y lácteos, la ganadería como actividad y su inminente expansión tiene y tendrá un impacto significativo en el medio ambiente entre ellos: la emisión de GEI, la degradación de suelos, la deforestación de bosques, y entre otros efectos sobre los servicios ecosistémicos (Gonzáles, 2012).

Este deterioro se vincula con el incremento de la extracción de recursos naturales como fuente de alimento para el ganado, la pérdida de hábitats, el consumo desmesurado de agua y sobre todo las emisiones de metano entérico vacuno (CH_4), uno de los gases responsables del calentamiento global (Canellada et al., 2019). Enfatizando en la cría de ganado vacuno, ya que esta actividad de manera independiente es responsable del 62% de emisiones de la ganadería en general. En adición a esta actividad, la producción de leche es de las segundas aportantes al

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

calentamiento global después de la producción de carne al contribuir con el 30% de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2023).

La leche es materia primordial para la producción de sus derivados como lo son el queso, yogurt y mantequilla. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los impactos ambientales que implican la transformación e industrialización de esta materia prima para su posterior comercialización y consumo. En el caso de esta investigación, el queso es uno de los productos alimenticios más producidos a nivel global. Existen más 2000 variedades de queso entre maduros, semi madurados y frescos (Ramírez et al., 2012). El mayor productor es la Unión Europea con el 48% de la producción global entre el 2024/2025, seguido por Estados Unidos con el 29% de la producción y en menor medida Rusia y Brasil con un nivel productivo del 5% y 3%. A escala global, la producción en el periodo 2024-2025 fue de 22.52 millones de toneladas métricas, con un crecimiento general del 2 % en el período 2015-2024 (United States Department of Agriculture [USDA], 2025).

Frente a este escenario, donde la producción de queso se encuentra en constante crecimiento, resulta imprescindible contar con herramientas que permitan cuantificar los impactos ambientales asociados al proceso productivo de derivados lácteos. Una de ellas es la Huella de Carbono (HdC), un indicador que permite cuantificar las emisiones de GEI que son generadas a lo largo de toda la cadena de valor. Por ello, la presente investigación se centra de evaluar la huella de carbono de la producción de queso tipo paria en el distrito de Ayaviri, Puno, con el fin de determinar los puntos críticos del proceso productivo y proponer estrategias que permitan una producción más eficiente y eco amigable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

En el Perú, la producción de queso se centra principalmente en la sierra, donde el departamento de Puno destaca como una de las mayores productoras de queso a nivel nacional contando con 1 311 plantas de producción de queso (Ministerio Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021). En la provincia de Melgar, distrito de Ayaviri, operan 20 empresas formales que reportan información periódica sobre sus procesos (Agencia Agraria, 2022), lo que demuestra una actividad consolidada y en proceso de expansión.

Sin embargo, este crecimiento productivo no está exento de impactos ambientales significativos. En especial en zonas rurales como Ayaviri, donde los sistemas de control y monitoreo ambiental son limitados o inexistentes debido a una débil gestión por parte de las autoridades competentes. En consecuencia, aspectos como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociados al transporte de materia prima, el uso intensivo de energía y combustibles en la manufactura, y la generación de residuos y efluentes (como el lactosuero con alta carga orgánica) no son adecuadamente gestionados ni fiscalizados (Condori y Fuentes, 2023).

Además, el proceso de producción de queso demanda grandes volúmenes de agua, electricidad y combustibles, lo cual intensifica la presión ambiental. A pesar de que muchas plantas en el distrito se encuentran operativamente bien instaladas, el incremento en la producción no ha ido acompañado de una mejora en la eficiencia ambiental. Muchas de estas industrias aún carecen de sistemas efectivos de gestión de recursos y residuos, lo cual incrementa el riesgo de impactos negativos acumulativos (Gosalvitr et al., 2019).

Por tanto, se hace evidente la necesidad de implementar indicadores ambientales que permitan identificar con claridad las etapas más contaminantes del proceso productivo del queso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este tipo de análisis no solo visibiliza los puntos críticos en términos de emisiones, sino que también proporciona una base técnica para plantear acciones concretas que reduzcan los impactos ambientales. De esta forma, se podrá avanzar hacia un modelo de producción más responsable con el entorno, especialmente en contextos rurales donde la gestión ambiental aún es una deuda pendiente (Gonzáles, 2012).

En ese sentido, la evaluación de la Huella de Carbono en el distrito de Ayaviri, una zona de alta producción de derivados lácteos en el país, representa una oportunidad estratégica para establecer una línea base en lo que respecta la cuantificación de GEI en contextos rurales dónde la gestión ambiental es limitada. Este estudio no solo permitirá identificar los puntos críticos del proceso productivo en términos de emisiones, sino que también podría abrir el camino hacia una gestión que implique un control eficiente de consumo de recursos como combustibles, materias primas, agua y electricidad, así como del manejo de efluentes y residuos. Además, según la norma ISO 14067:2018, dado que la Huella de Carbono es una herramienta que requiere de data constantemente actualizada y formal, este primer estudio sentará las bases para futuras evaluaciones con mayor precisión, promoviendo así una producción más sostenible y replicable en otras zonas del país.

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Justificación ambiental

Dado que la producción de queso forma parte de las industrias alimentarias, las cuales tienen un notable impacto en las emisiones de GEI y el consumo de recursos naturales, la evaluación de la huella de carbono de esta actividad adquiere una relevancia fundamental. Esta evaluación, en primer término, contribuye a fomentar la conciencia ambiental al proporcionar una comprensión detallada de los flujos de entrada y salida en todo el proceso de producción de queso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Realizar la determinación de la huella de carbono hará posible dimensionar los impactos ambientales negativos en la cadena de producción de queso lo que promoverá la optimización el sistema productivo, reduciendo así el consumo de recursos y energía, además de la reutilización y gestión adecuada de los residuos generados. Estas medidas, en conjunto, conllevan a una disminución efectiva de la huella de carbono (Hymas, 2011). Por ende, estaremos capacitados para ofrecer recomendaciones específicas a la empresa Flor Andina S.R.L., con el propósito de que optimicen sus procesos hacia un entorno más ecoeficiente.

1.2.2. Justificación social

Teniendo en cuenta que este estudio constituye entre de los primeros enfoques sobre la evaluación de la huella de carbono en la industria de queso en el distrito de Ayaviri, departamento de Puno, se espera que su impacto sea ejemplar, incentivando a otras entidades del sector a realizar análisis similares en sus propias operaciones. Este impulso hacia la responsabilidad social ambiental refleja una creciente conciencia de que la calidad del producto está intrínsecamente ligada al medio ambiente y al bienestar social, así como a la calidad de vida de la población. Asimismo, se tienen expectativas de que este estudio incentive una mayor sensibilización en la sociedad respecto a la importancia de la huella de carbono como indicador crucial de la calidad ambiental de un producto, lo cual contribuirá a una mayor consideración de este concepto en el ámbito social y empresarial (Vargas y Gil, 2021).

1.2.3. Justificación económica

La cuantificación de la huella de carbono en el proceso productivo permitirá identificar los puntos críticos de consumo energético y de recursos lo que facilitará en la optimización de costos operativos por medio de la implementación de medidas de eficiencia energética, así como de uso eficiente de insumos. Por ejemplo, en el caso que se detecten perdidas energéticas en la etapa de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

pasteurización se podrían implementar tecnologías más eficientes o rediseñar el proceso por ende reduciendo las emisiones como los gastos operativos. Asi mismo, con respecto a la gestión de residuos sólidos y efluentes para poder evitar sanciones económicas, y valorizar subproductos como el suero ya sea por su transformación en otros productos o venta a terceros generando ingresos adicionales (Suni, 2018).

1.2.4. Justificación institucional

La evaluación de la huella de carbono permitirá a la empresa Flor Andina S.R.L. incorporar el marketing verde como una herramienta estratégica de posicionamiento en el mercado como una organización sostenible. Al contar con indicadores ambientales cuantificables, la empresa puede diferenciarse de las competidoras en mercados que le dan prioridad a las practicas sostenibles. Además, al comunicar de manera transparente su desempeño ambiental a la comunidad local y consumidores en otras regiones se fortalece su licencia social para operar, mejorando la percepción pública lo que generará confianza en la calidad del producto y su cadena de valor. Por consiguiente, esto puede traer aún mayores beneficios y oportunidades de comercialización del producto con empresas más demandantes con la calidad y la trazabilidad en la gestión de emisiones (Suni, 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la huella de carbono generada en el proceso de producción del queso tipo paria en una industria láctea del distrito de Ayaviri, departamento de Puno, durante el año 2023, mediante el uso de herramientas estandarizadas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar técnica y operacionalmente el proceso productivo del queso tipo paria en una industria láctea en el distrito de Ayaviri departamento de Puno para el año 2023.
- Realizar el cálculo y análisis cuantitativo de las emisiones de CO_2 eq. asociadas a la producción del queso tipo paria en una industria láctea en el distrito de Ayaviri departamento de Puno para el año 2023 mediante herramientas de cálculo estandarizadas.
- Evaluar los puntos críticos en el proceso productivo con mayor contribución a la huella de carbono, mediante el análisis de las etapas involucradas en la producción del queso tipo paría en una industria láctea en el distrito de Ayaviri departamento de Puno para el año 2023.
- Proponer estrategias de mitigación orientadas a la reducción de la huella de carbono en la producción del queso tipo paría, considerando alternativas sostenibles aplicadas al contexto del distrito de Ayaviri departamento de Puno para el año 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ferronato et al. (2025) abordan en su investigación titulada "Carbon Footprint Assessment of Dairy Milk and Grana Padano PDO Cheese and Improvement Scenarios: A Case Study in the Po Valley (Italy)" la evaluación de la huella de carbono del queso Grana Padano con Denominación de Origen Protegida (PDO), un queso italiano de pasta dura, semigraso y de larga maduración. Para ello, analizaron 19 granjas ubicadas en Piacenza, las cuales abastecían de leche a una planta productora de queso. El estudio se desarrolló bajo el enfoque de ciclo de vida y aplicando las normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14067. La huella de carbono de la leche cruda obtenida varió entre 0.95 y 2.14 kg CO_2 eq/kg de leche con grado proteico (LCGP), mientras que para el queso Grana Padano, los valores oscilaron entre 16.96 y 23.07 kg CO_2 eq/kg de queso. Se concluyó que los principales contribuyentes a la huella de carbono eran las emisiones de metano entérico de las vacas, el manejo del estiércol y el uso de alimentos concentrados adquiridos externamente. En ese contexto, los autores destacan que mejorar el rendimiento de la leche en la elaboración de queso representa no solo una ventaja en términos productivos, sino también una estrategia clave para reducir el impacto ambiental, al equilibrar la productividad, la calidad del producto y la sostenibilidad del sistema.

El año anterior, Rossi et al. (2024), en su estudio titulado "Carbon Footprint and Carbon Sink of a Local Italian Dairy Supply Chain", evaluaron la huella de carbono de cinco productos lácteos italianos: leche cruda, yogur, queso fresco, queso mozzarella y queso madurado. Los investigadores aplicaron un enfoque de la cuna a la tumba, y se basó en encuestas dirigidas tanto a productores como a 63 consumidores. Los resultados mostraron que la huella de carbono fue de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.39 kg CO_2 eq. para la leche cruda, 5.10 kg CO_2 eq. para el yogur, 9.82 kg CO_2 eq. para el queso mozzarella, 8.40 kg CO_2 eq. para el queso fresco y 15.34 kg CO_2 eq. para el queso madurado. Se identificó que el 75 % de las emisiones se originaban en la etapa de producción en granja, principalmente por el metano entérico, la gestión de estiércol y la producción de cultivos forrajeros. Además, los autores destacaron que la implementación de prácticas como el pastoreo rotacional y la labranza mínima puede generar efectos positivos al actuar como sumideros de carbono. También subrayaron el papel del consumidor como un agente determinante en la huella final del producto: el uso de medios de transporte con bajas emisiones o la implementación de sistemas de distribución centralizada con vehículos sostenibles puede ser más eficiente ambientalmente que las compras directas en tienda realizadas mediante vehículos de combustión interna.

Asimismo, Salas et al. (2021) en su investigación, "Environmental impact of Oaxaca cheese production and wastewater from artisanal dairies under two scenarios in Aculco, State of Mexico". Determinaron los impactos ambientales de la producción de queso en cuatro plantas de producción, entre ellos incluido la huella de carbono. Los investigadores realizaron un análisis del ciclo de vida ya sea por medio de visitas o encuestas a los proveedores. Aplicando la norma ISO 14040 y la ISO 14042 para la estimación de impactos, mientras que otros factores de equivalencia se obtuvieron por medio de la base de datos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Utilizaron el *software* SimaPro v.8.0.0 y Ecoinvent v.3 y demás datos genéricos como consumo de energía para el análisis de ciclo de vida del producto. Luego del análisis respectivo determinaron que la producción de queso Oaxaca presentaba mayor impacto en la ecotoxicidad terrestre y el calentamiento global. Mientras que por otro lado la producción de la materia prima, leche cruda, era la que causaba un mayor impacto en el calentamiento global. La huella de carbono calculada del queso Oaxaca fue de 15.6 CO_2 kg eq, el cual no incluye el tratamiento de aguas residuales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Asimismo, puesto que evaluaron 4 empresas diferentes, los autores comentan que muchas diferencias dependen del consumo energético, transporte y el consumo de agua por lo que existen variaciones en el impacto ambiental de la producción de queso Oaxaca.

De manera similar, Laca et al. (2020) en su estudio, "Overview on GHG emissions of raw milk production and a comparison of milk and cheese carbon footprints of two different systems from northern Spain" realizaron el Análisis de Ciclo de Vida para determinar la huella de carbono de las granjas seleccionadas, ambas de sistemas diferentes uno basado en confinamiento mientras que el otro era por medio de pastos. La unidad funcional fue 1 kg de grasa y proteína de leche. Así mismo, para el cálculo de la huella de carbono de la producción de queso aplicando la leche producida en ambos sistemas anteriores, por lo tanto, la unidad funcional que consideraron fue 1 kg de queso. Se obtuvieron datos de inventario de las instalaciones tomando en cuenta factores clave que influencian en la producción de la leche, ya sea como la alimentación, agua, energía eléctrica, etc**.** La huella de carbono calculada fue de 16,6 y 14,7 kg CO_2 eq. tanto para queso y leche respectivamente. La leche producida bajo un sistema de pastos mostró una huella de carbono con un 18% menos que la leche producida bajo un sistema de confinamiento. Se determinó que la producción de leche es el factor influyente en las emisiones de GEI al ser el más contaminante a comparación de la producción de queso.

En este contexto, Gosalvitr et al. (2019) en su artículo, "Energy demand and carbon footprint of cheddar cheese with energy recovery from cheese whey" los investigadores analizaron la sostenibilidad ambiental del ciclo de vida de la producción de queso cheddar, así como la recuperación de energía del suero por medio de la digestión anaeróbica. Para ello, siguieron los estándares de la ISO 14040/14044 y de la aplicación de los programas de modelamiento Aspen Plus V8.4, GaBi V8.6, la base de datos de Ecoinvent V3.3. Finalmente, los autores determinaron

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

que la huella de carbono fue de 14 kg de CO_2 eq. por kg de queso cheddar. En adición, calcularon que el consumo energético total en todo el ACV del queso cheddar es de 347 MJ. Aspecto que favoreció con las reducciones energéticas significativas por medio de la digestión anaeróbica del suero además de la reducción en costos de producción haciendo que la manufactura de queso sea autosuficiente.

Canellada et al. (2019) en su artículo "Environmental impact of cheese production: A case study of a small-scale factory in southern Europe and global overview of carbon footprint" evaluaron la huella de carbono en una pequeña empresa artesanal quesera en Europa, para ello se recurrió al análisis de ciclo de vida en Asturias, España. La unidad funcional fue de un año de producción de queso, es decir, 4770 kg de queso, se delimitaron los sistemas productivos desde la etapa de producción de leche hasta el envasado y control de residuos. Se utilizó el software LCA SimaPro v8 con el método ReCiPe Midpoint, el cual viene con 18 indicadores de impacto, mientras que para el cálculo de la Huella de carbono se empleó el indicador: Greenhouse Gas Protocol V1.01/CO_2 eq. (Kg). Se determinó que el contenido de grasa en la leche, la leche cruda, así como de energía eléctrica, son factores decisivos en la huella de carbono de la producción de queso. En conclusión, se determinó que la huella de carbono para la fábrica de quesos fue de 10,2 kg CO_2 eq. por lo que se recomienda una reducción en el consumo energético y en la disposición de residuos como el suero como alimento para cerdos.

En Brasil, Santos et al. (2017) evaluaron y buscaron minimizar los impactos ambientales en la producción de queso en una pequeña industria láctea mediante el análisis de ciclo de vida con un enfoque de la cuna a la puerta. Determinaron que la huella de carbono del queso fue de 14.45 kg CO_2 eq/kg y que la producción de leche cruda representó el 82 % del potencial de calentamiento global. Además, señalaron que el uso de energía térmica y eléctrica también

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

contribuye de forma significativa a la huella de carbono. Otro punto clave fue el contenido de grasa del queso, ya que su obtención demanda un mayor volumen de leche cruda, lo que incrementa el impacto ambiental asociado. Los autores concluyeron que la mayor parte de los impactos se originan en la fase agrícola, más que en la transformación en planta. Como propuestas de mejora, sugieren prácticas agrícolas sostenibles, manejo eficiente de recursos hídricos, mejoras genéticas en el ganado, gestión de residuos ganaderos (por ejemplo, para producción de biogás), uso de pellets de madera como fuente energética y un monitoreo constante mediante análisis de ciclo de vida para ajustar las prácticas productivas según los resultados obtenidos.

Bravo (2016) en la tesis titulada "Estudio de la Huella de Carbono de Organización de una Industria Quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015" se llevó a cabo el cálculo de la huella de carbono durante el periodo 2015-2016. Se determinaron los límites de la organización, así como algunas exclusiones relacionadas al cuajo para el queso. La metodología considerada para la estimación de la huella de carbono fue según lo planteado por la norma ISO 14064 y la producción de GEI. Además de que se utilizó el software de Microsoft Excel para procesar los datos de producción. En última instancia, determinó que las emisiones de GEI provenientes de la fermentación entérica eran las más significativas al ser el 49.02 % del total. Por otro lado, la huella de carbono de la unidad funcional fue de 9.15 Kg de CO_2 eq. por 1 kg de queso fresco que es el nivel estándar comparado a la huella de carbono de la producción de otros quesos.

Del mismo modo, con una aplicación adicional de la normativa ISO, Simonetto et al. (2015) en su artículo titulado "Carbon footprint analysis of mozzarella and ricotta cheese production and influence of allocation procedure" realizaron la evaluación de la huella de carbono de dos variedades de queso muy consumidos en Italia. Con el fin de identificar cuál de las etapas productivas alteraba los valores en la huella de carbono. Las unidades funcionales fueron: 1kg de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

queso mozzarella y 1 kg de queso ricotta. Se recurrió a las ISO/TS 14067:2013 y IPCC 2013 GWP 100a como método para la evaluación de impactos. Los resultados indican que el valor de la huella de carbono para el queso mozzarella es mucho mayor que el queso ricotta, esto se debe a que el tipo de producción implica mayor consumo energético y de recursos.

En ese mismo año, Kristensen et al. (2015) llevaron a cabo su investigación "Carbon footprint of cheese produced on milk from Holstein and Jersey cows fed hay differing in herb content" en Dinamarca, con el fin de evaluar la huella de carbono examinaron diferentes variables que influenciaron en la producción de queso cheddar, tales como leche de vacas Holstein y Jersey, las cuales fueron alimentadas con diferentes mezclas de heno y pastizales. Aplicaron el análisis de ciclo de vida para determinar el calentamiento global en unidades de CO_2 eq. Los resultados que obtuvieron indicaron un 12.4 kg CO_2 eq. para el queso producto de la leche proveniente de vaca Holstein. Mientras que las vacas Jersey, comparadas con las vacas Holstein redujeron considerablemente sus emisiones y observaron un incremento en la utilización de leche para la producción de queso. Sumado a esto concluyeron que un mayor consumo de pastizales en la dieta de vacas jersey ayudaba a reducir las emisiones de GEI.

En adición, Castro (2014) con su investigación enfocada en la "Estimación de la Huella de Carbono en la Producción de Queso Fresco para la Eco-región Pampeana, Argentina" determinó la huella de carbono para la producción de queso fresco evaluando cada una de las etapas productivas y así identificar la que más impacto producía. Evaluó las entradas y salidas del sistema productivo o en otras palabras el análisis de ciclo de vida luego de definir los límites del sistema. Luego establecieron que la unidad funcional sería 1 kg de queso fresco para después del análisis determinar los hot spots de emisiones de GEI. A pesar de esto, el autor hizo a un lado factores significativos como la disposición de residuos de producción y emisiones indirectas de transporte,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

maquinarias, insumos como el cuajo y el fermento, etc. Una vez obtenidos los datos de análisis, el investigador utilizó el software AgroEcoIndex para la determinación de emisiones de GEI en etapa de producción de leche. Mientras que los procesos industriales los calculó por medio de los factores de emisión del IPCC. El resultado indicó una producción de 8.8 kg de CO_2 eq. Recayendo sobre todo en la producción de la leche con un 91% de contribución en emisiones.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Condori y Fuentes (2023) en su investigación titulada “Huella de carbono en la cadena de valor del queso tipo paria de la zona lago de la cuenca Titicaca” determinaron la huella de carbono y la cadena de valor en las fases de agricultura, ganadería y manufactura de queso tipo Paria en 4 plantas artesanales en la región de Puno. Concerniente a la huella de carbono, los autores ejecutaron encuestas a los proveedores de alimento vacuno, a los ganaderos responsables de la crianza de ganado vacuno, y por último a los trabajadores de las 4 plantas productoras de queso ubicadas en Ácora, Platería, Huata y Taraco. Su enfoque de investigación fue el de "la cuna a la puerta” mientras que la unidad funcional determinada fue de 1 kg de queso tipo paria. Para el cálculo de la huella de carbono se respaldaron en las directrices establecidas por el IPCC, ediciones del 1996 y 2006, basada en los factores de emisión y demás ecuaciones para la estimación de kg de CO_2 eq. Así mismo, realizaron el análisis de ciclo de vida y calcularon las emisiones de 3 gases de efecto invernadero: CH_4, N_2O y CO_2 para cada etapa del proceso productivo. La huella de carbono total resultó ser de 10.54 kg de CO_2 eq. en Ácora, 10.96 en Platería, 9.978 en Huata y 9.412 en Taraco. Así mismo precisaron que el 50% de GEI emitidos corresponde a la fase ganadera con emisiones de CH_4 provenientes de la fermentación entérica, mientras que el 24.8% corresponde a la etapa de producción agrícola con emisiones de N_2O. Mientras que la etapa manufacturera contribuye principalmente con emisiones de CO_2, producto del consumo de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

combustibles, y en segundo lugar emisiones de CH_4 y N_2O producto de la elaboración de queso y del deficiente manejo del suero residual, el cual es vertido al alcantarillado sin que se le efectué tratamiento alguno.

Zea (2021), en su estudio titulado “Determinación de la huella de carbono en los procesos de una pyme de productos lácteos en el distrito de Iray – Chuquibamba”, se enfocó en evaluar la huella de carbono de una organización en el distrito de Iray, aplicando la normativa ISO 14064-1:2020. La organización estudiada es una planta artesanal productora de yogurt, queso, mantequilla y dulce de leche. Los datos de producción de la empresa correspondientes al año 2019 fueron recolectados, incluyendo información sobre el consumo de materias primas, así como recibos de luz, agua, combustibles, y otros datos relacionados con los trabajadores. En lo que respecta a la huella de carbono de la producción de queso y yogurt, se determinó que el queso genera una huella de 11.5 kg de CO_2 eq. por cada kilogramo producido mientras que la huella de carbono del yogurt fue de 1.79 kg CO_2 eq. Además, la huella de carbono total de la organización se calculó en 293.2 toneladas de CO_2 eq. El consumo de leche representó el 86.8% del total de emisiones de GEI, seguido por el uso de gas, utilizado para la pasteurización de la leche en la producción de queso y yogurt, con un 4.5%, y el transporte con un 2.7%. Considerando que el principal punto crítico en la producción es el consumo de gas, el investigador sugirió implementar un control eficiente de este recurso.

Por otro lado, Gonzales (2018) en su análisis "Cálculo de la huella de carbono aplicando herramientas informáticas" evaluó dos productos de la región de Arequipa, un concentrado de fruta y queso fresco de Condesuyos. Una vez obtenidos los datos de producción de ambos alimentos procedió con el cálculo de la huella de carbono para ello hizo uso del software Air.e HdC. Dicho software aplica diversas metodologías de cálculo de huella de carbono entre ellas la PAS 2050,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GHG Protocol (productos, participación y control), ISO 14064 (participación y control) y la ISO 14067 siendo esta última la cual el autor aplicó. En el software insertó los datos de las cantidades de entradas y salidas de ambos procesos productivos. Definió la unidad funcional y el alcance el cual fue de la cuna a la puerta. Al concluir con su investigación, el autor determinó que la huella de carbono equivalente para el jugo de fruta fue de 782.16 g CO_2 eq. mientras que para la producción de queso fue de 11.46 kg CO_2 eq. Así mismo especificó que para el néctar de fruta era el azúcar la materia prima que más impacto tenía con un 74.92% seguida de la manzana, mientras que para la producción de queso era la leche la cual mayores impactos ambientales producía 86.76% además el combustible era el siguiente contribuidor de impactos.

En relación a esto, Suni (2018) en la tesis titulada, "Cuantificación y Determinación de la Huella de Carbono en la producción de queso artesanal en el pueblo de Chuquibamba" la autora determinó la huella de carbono para la producción de queso artesanal en la región de Arequipa - Chuquibamba. Se planteó identificar las fuentes de producción de GEI más significativas y para ello se recolectaron datos por medio de encuestas a los proveedores de leche, así como la data respectiva de la planta artesanal. Para ello la autora se basó en las normativas PAS 2050, GHG Protocol, así como la norma ISO 14067. La unidad funcional fue de 1 kg de queso tipo paria, así como definición de los respectivos límites del sistema. Se determinó que la mayor cantidad de emisiones provenía de la etapa productiva de la leche con un 85.12% del total de emisiones, el uso de combustibles se encontraba como el segundo aportante con un 14.23%, por lo que la huella de carbono hallada por 1kg de queso tipo paria fue de 11.8, kg CO_2 eq. Al final, la investigadora sugiere realizar reducciones en el consumo de aceite para reducir las emisiones de GEI.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aspectos fundamentales del Cambio climático y Gases de Efecto Invernadero

a. Cambio climático

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021), el cambio climático se refiere a las variaciones en los patrones climáticos que ocurren durante períodos prolongados de tiempo. Antiguamente, estos cambios en el clima eran provocados por factores naturales como erupciones volcánicas, corrientes oceánicas o variaciones en la radiación solar, los cuales ocasionaban efectos secundarios como precipitaciones, sequías, incendios forestales, fluctuaciones significativas en la temperatura global. Estudios paleo climáticos han demostrado que el sistema climático de nuestro planeta está muy lejos de ser estable, ya que tiende a reaccionar de manera exagerada ante el menor estímulo. Por ejemplo, en situaciones donde se produce un leve calentamiento inicial debido a una fuerza externa, como un cambio en la órbita terrestre, el planeta puede experimentar un rápido aumento de temperatura. Este fenómeno se debe a que nuestro sistema climático cuenta con mecanismos de muy rápidos de retroalimentación que amplifican un calentamiento básico, convirtiéndolo en un calentamiento significativo en corto tiempo (Romm, 2022).

Aunque en el pasado el cambio climático fue impulsado por factores naturales, desde el siglo XVIII, con la Revolución Industrial, las actividades antropogénicas han desempeñado un papel predominante en este fenómeno. La transición hacia fuentes de energía basadas en el carbón y la quema de combustibles fósiles no solo provocó transformaciones sociales y económicas, sino que también desencadenó cambios sustanciales y adversos en el medio ambiente. Estas actividades han generado emisiones significativas de GEI, los cuales han alterado la composición y el funcionamiento de la atmósfera, convirtiéndose en los principales responsables del cambio climático actual (Moscoso, 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b. Gases de efecto invernadero

En el contexto del calentamiento global, los gases de efecto invernadero (GEI) han ganado popularidad debido a su papel en este fenómeno, aunque siempre han estado presentes de forma natural en nuestro planeta. Entre ellos, el dióxido de carbono (CO_2) actúa como un termostato natural, manteniendo la superficie terrestre habitable desde el inicio de la historia del planeta. Sin la presencia de estos gases, la temperatura media de la Tierra sería de aproximadamente -18°C, lo que habría imposibilitado la existencia de vida tal como la conocemos. La razón principal por la cual la Tierra no está congelada en lo absoluto es la presencia de GEI en la atmósfera, tales como el vapor de agua (H_2O) y el CO_2, los cuales absorben la radiación infrarroja, o radiación de onda larga, incrementando las temperaturas de la troposfera y la superficie (Mathez y Smerdon, 2018).

El vapor de agua representa el 50% del efecto invernadero, aunque su concentración es variable dependiendo de la locación, lo que también hace que su impacto sea inconstante. Las nubes, formadas por la condensación de vapor de agua, contribuyen con un 25% del efecto invernadero, mientras que el CO_2 añade otro 20%. Otros gases, como el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono troposférico (O_3), los halocarbonos y halógenos, contribuyen en menor medida (Mathez y Smerdon, 2018).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) concluyó que la mayoría de los gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera se originan principalmente de actividades humanas, además de los procesos naturales. Entre las fuentes antropogénicas destacan las actividades agrícolas e industriales. La **Tabla 1** presenta una descripción detallada de los principales GEI y sus fuentes de emisión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 1

Descripción de los gases de efecto invernadero

GEI	Origen
Dióxido de carbono (CO_2)	Es por encima de todo liberado por la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo), así como por procesos de deforestación, gestión de residuos sólidos y diversas actividades industriales.
Metano (CH_4)	Generado durante la extracción, procesamiento y transporte de combustibles fósiles como el carbón y el gas natural. También es un subproducto de las actividades agropecuarias, las prácticas agrícolas, el uso del suelo y la descomposición anaeróbica de materia orgánica en vertederos.
Óxido nitroso (N_2O)	Sus emisiones provienen sobre todo de procesos industriales, la combustión de biomasa y combustibles fósiles, el manejo de estiércol y fertilizantes, y las transformaciones biogeoquímicas como la nitrificación y desnitrificación en el tratamiento de aguas residuales y suelos agrícolas.
Gases fluorados	Son GEI con un elevado potencial de calentamiento global, aunque su emisión es considerablemente menor en relación con otros GEI. Se utilizan por lo general en procesos industriales avanzados, como la manufactura de semiconductores, así como en sistemas de transmisión y distribución de energía.

Nota. Adaptado de *Overview of Greenhouse Gases*, por United States Environmental Protection Agency, s.f.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estos gases son eliminados de la atmósfera por medio de procesos físicos y químicos, cuya tasa de remoción depende de variables como la temperatura y las condiciones químicas de la atmósfera. En este contexto, los denominados Gases de Efecto Invernadero de Larga Vida (GEILV), como el CO_2, CH_4 y N_2O, se caracterizan por su alta estabilidad molecular, lo que les permite persistir en la atmósfera durante periodos prolongados. Un ejemplo es el CO_2, que tiene un ciclo biogeoquímico continuo e indefinido, ya que interactúa con distintos reservorios, como la atmósfera y los océanos, requiriendo diversas escalas temporales para su eliminación completa. En contraste, los gases de vida corta, como el dióxido de azufre (SO_2) y el monóxido de carbono (CO), son altamente reactivos y se eliminan casi de forma automática mediante oxidación o procesos de precipitación, lo que provoca una mayor variabilidad en sus concentraciones atmosféricas en comparación con los GEILV (IPCC, 2007).

c. Concentraciones de GEI atmosférico

- ***Concentraciones de GEI a nivel Global***

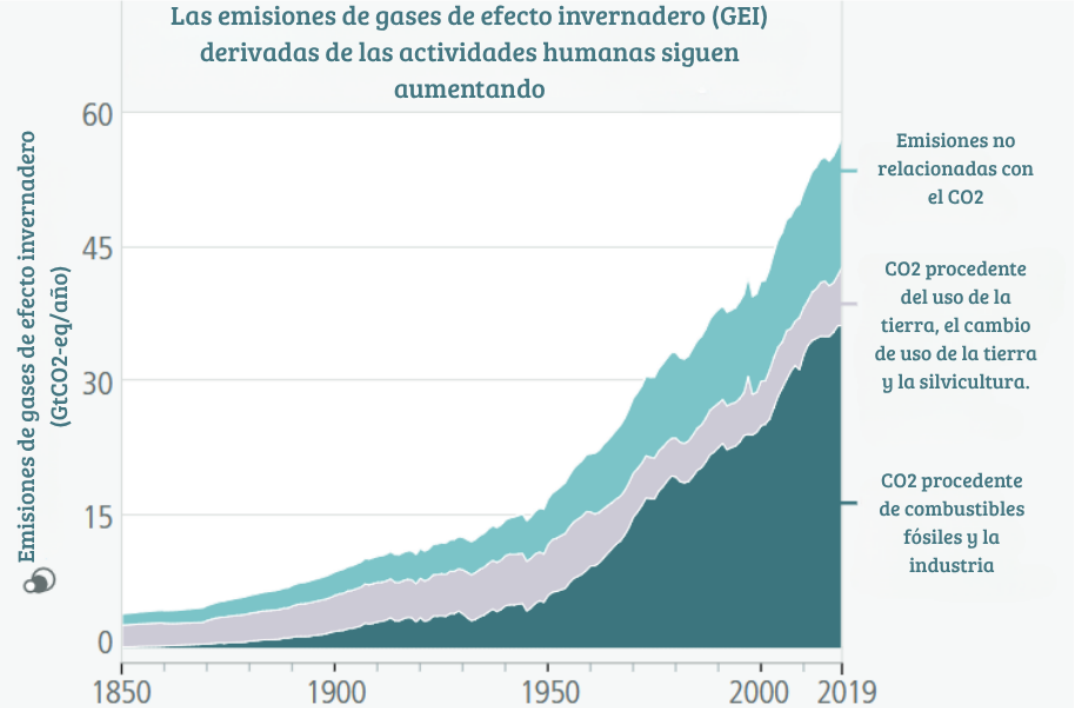
En cuanto a las concentraciones atmosféricas de los GEI, la **Figura 1.** muestra el incremento exponencial de estas emisiones desde 1850 hasta 2019. El aumento sostenido de las emisiones de CO_2 se debe básicamente a la quema de combustibles fósiles desde el inicio de la era industrial, seguido por las emisiones resultantes de actividades relacionadas con el cambio de uso del suelo y la silvicultura. Asimismo, se han considerado las emisiones de otros GEI, los cuales también han experimentado un incremento progresivo a lo largo de los años. Para 2019, las emisiones globales totales de GEI superaron las 50 gigatoneladas de CO_2 equivalente por año, demostrando el impacto acumulativo de las actividades antropogénicas sobre dichas concentraciones y, en consecuencia, sobre el cambio climático (IPCC, 2023).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 1

Incremento de las emisiones de GEI debido a las actividades antropogénicas



Nota. Tomado de *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR6)*", por Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

Sumado a esto, el informe del IPCC del 2023 detalla las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, medidas en partes por millón (ppm) y partes por billón (ppb) desde 1850 hasta 2019. En la **Figura 2**. se destacan tres gases clave por su rol predominante su contribución al calentamiento global:

- La tendencia de incremento en las concentraciones de CO_2 ha sido sostenida, alcanzando los 410 ppm en 2019. El Observatorio Mauna Loa, en Hawái, que monitorea continuamente el CO_2 atmosférico, reportó un incremento constante, llegando a 425.55 ppm en julio de 2024, lo que confirma la persistencia de esta tendencia ascendente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

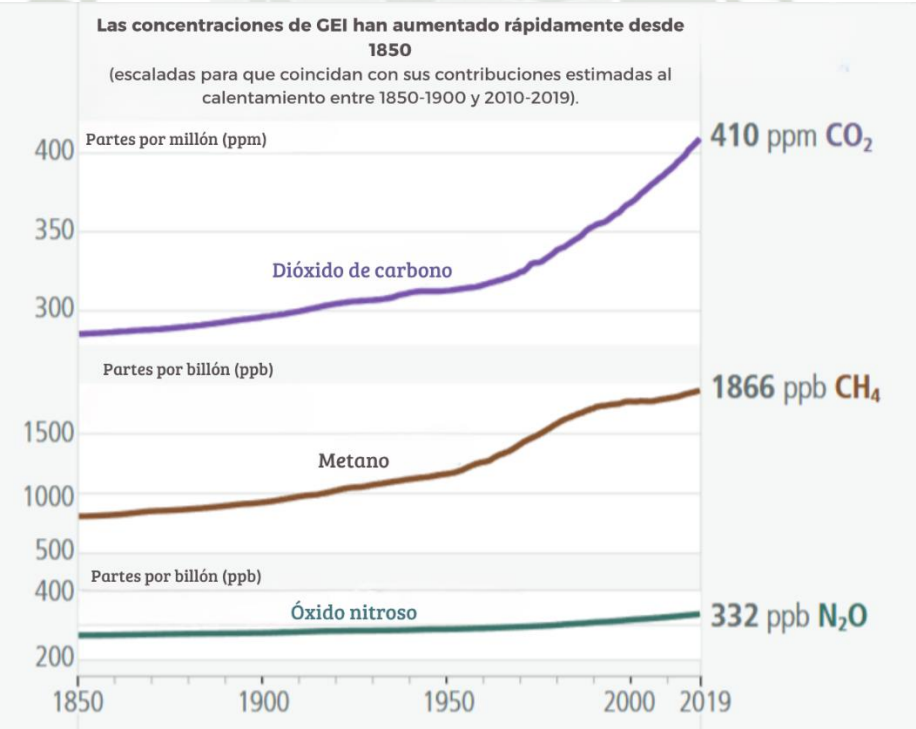
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El CH_4 ha mostrado un crecimiento progresivo, pasando de 800 ppb en 1850 a 1,866 ppb en 2019. En abril de 2024, su concentración alcanzó los 1,931.91 ppb (Lan, Thoning, y Dlugokencky, 2024). Aunque la concentración de CH_4 es menor en comparación con el CO_2, su potencial de calentamiento global es significativamente mayor en el corto plazo, amplificando su impacto en el clima.
- La concentración de N_2O ha aumentado de alrededor de 270 ppb a 332 ppb durante el mismo lapso de tiempo. Según los últimos registros de abril de 2024, la concentración de N_2O llegó a 337.69 ppb (Lan, Thoning, y Dlugokencky, 2024). Aunque su concentración es la más baja entre los principales GEI, su capacidad para contribuir al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono sigue siendo relevante.

Figura 2

Concentración de los GEI en periodo 1850 - 2019



Nota. Tomado de *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR6)*, por Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

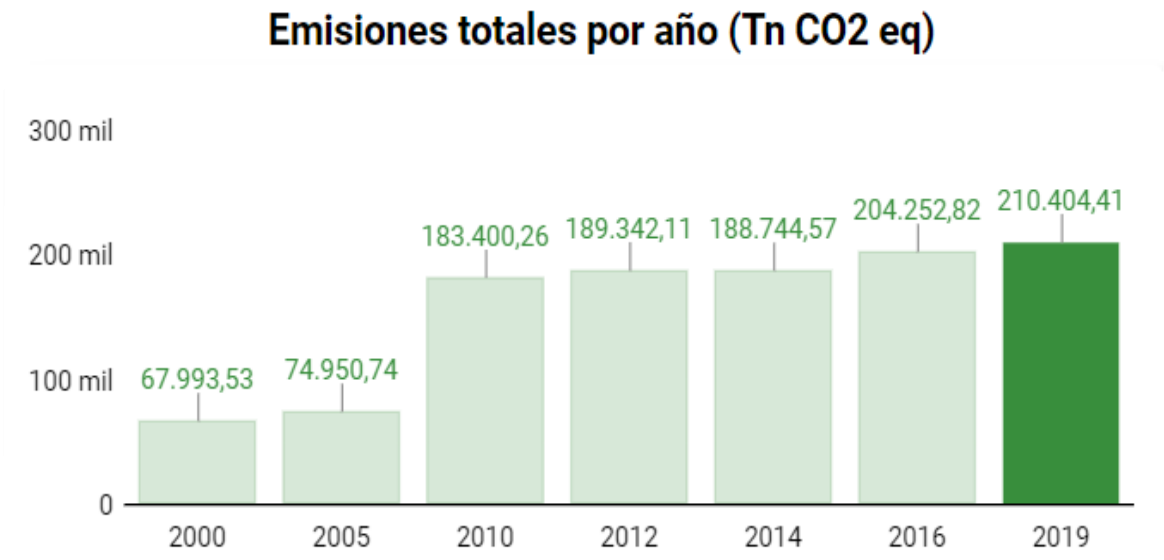
- ***Concentraciones de GEI a nivel nacional***

Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI, 2019), en nuestro país los sectores que más contribuyen a las emisiones de CO_2 son el uso de la tierra, el cambio de uso del suelo y la silvicultura, mientras que las actividades agrícolas y pecuarias son las principales responsables de las emisiones de CH_4 y N_2O. Asimismo, el uso de refrigerantes y sistemas de aire acondicionado está asociado a las emisiones de HFC (ver Figura 3).

De un total de 210,404.41 toneladas de CO_2 equivalente registradas en 2019, el 47.9% se originó de tierras de cultivo, pastizales y tierras forestales. Por su parte, el sector energético, que incluye el consumo de combustibles, transporte, y las industrias manufactureras y energéticas, aportó el 30.1% del total neto de emisiones. La proporción de GEI remanente, fueron producto principalmente de la agricultura y la fermentación entérica, representaron el 13.5% del total. Por último, los residuos y el uso de refrigerantes contribuyeron con el 5.0% y el 3.6%, respectivamente (INGEI, 2019).

Figura 3

Emisiones de totales de CO_2 eq. en Perú en el año 2019



Nota. Tomado de *Inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) 1994-2019: Looker Studio Report*, por Ministerio del Ambiente, 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d. Impactos del cambio climático

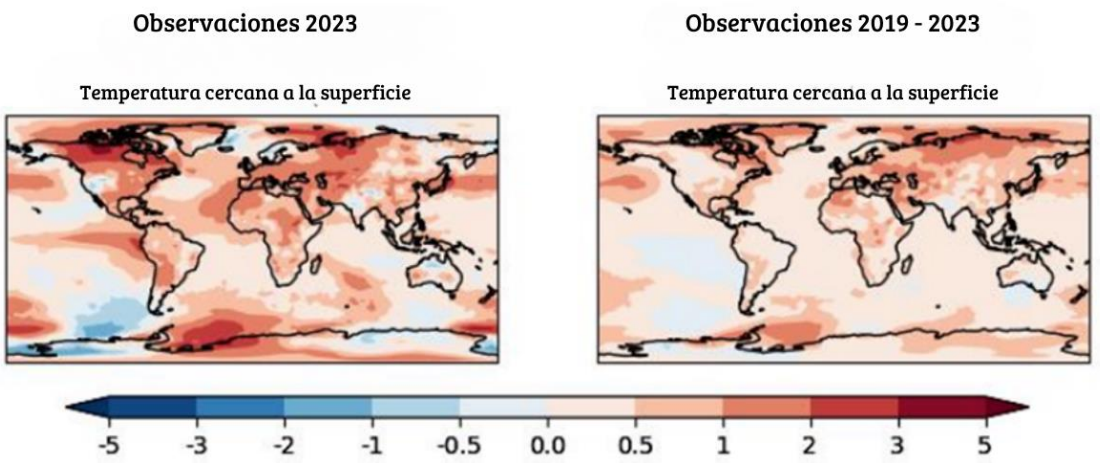
- ***Incremento de la temperatura global y sus consecuencias***

El calentamiento global es un fenómeno comprobado, evidenciado por el aumento de la temperatura en la superficie terrestre, la atmósfera, los océanos y el subsuelo. Todos los componentes físicos del sistema climático han absorbido calor, lo que se manifiesta en el derretimiento de los casquetes polares y en el aumento continuo del nivel del mar, debido tanto al deshielo como a la expansión térmica de los océanos (Mathez y Smerdon, 2018).

El efecto acumulativo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), producto de actividades antropogénicas desde la era preindustrial hasta la actualidad, continuará afectando el sistema climático durante siglos. Según la actualización climática del 2023 de la Organización Meteorológica Mundial (WMO), se proyecta que la temperatura media global cerca de la superficie superará los 1.5°C, al menos en un año, durante el periodo 2024-2028, en comparación con la media entre 1850 y 1900. Además, existe un 86% de probabilidad de que uno de esos años registre temperaturas más altas que las de 2023 (ver Figura 4).

Figura 4

Temperatura 2019 - 2023 cercana a la superficie



Nota. Tomado de *Global annual to decadal climate update 2024-2028*, por World Meteorological Organization, 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El evento de El Niño 2023-2024 ha alcanzado su fase máxima, con una alta probabilidad de transición hacia un episodio de La Niña en 2024. En paralelo, se proyecta que el calentamiento invernal en el Ártico superará en tres veces el promedio histórico del periodo 1991-2020. Además, en comparación con ese mismo periodo, se prevé un aumento en la probabilidad de déficits hídricos en la región noroeste de Brasil (WMO, 2023).

El incremento de las temperaturas extremas en diversas regiones anticipa transformaciones significativas, como un aumento en la intensidad y frecuencia de olas de calor y huracanes. Esto se suma a una mayor variabilidad en la distribución e intensidad de las precipitaciones, así como al incremento de la frecuencia de sequías, lo que, a su vez, incrementa la probabilidad y severidad de incendios forestales debido al aumento de las temperaturas y la escasez de agua (Romm, 2022). Entre las repercusiones biológicas más relevantes del calentamiento global, se proyecta que los patrones de distribución geográfica de muchas especies terrestres y de agua dulce se desplacen hacia latitudes más altas. Del mismo modo, se prevén cambios en los ciclos estacionales, como la alteración en el inicio de la primavera y el invierno, acompañados de múltiples modificaciones fenológicas causadas por el aumento de las temperaturas estacionales (Mathez y Smerdon, 2018).

Las implicaciones negativas de un aumento de la temperatura global en 1.5°C serán profundas y generalizadas. Incluso en la actualidad, ya estamos presenciando la intensificación de fenómenos climáticos extremos y sus efectos sobre las poblaciones afectadas en distintas regiones del mundo. Es fundamental subrayar que los riesgos climáticos y los impactos en los sistemas naturales de la tierra aumentarán considerablemente con este nivel de calentamiento. Estos riesgos estarán determinados no solo por la velocidad y magnitud del incremento de las temperaturas, sino también por factores como la ubicación geográfica, el grado de desarrollo, la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación y mitigación (IPCC, 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ***Impactos del cambio climático en Perú***

El cambio climático está afectando de manera significativa a los glaciares tropicales, acelerando su retroceso mucho más rápido que en décadas anteriores. Según el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM, 2018), para el año 2016, los glaciares tropicales se habían reducido en un 53% respecto a los 2,399 km² registrados con anterioridad. Esta disminución en los glaciares provoca alteraciones significativas en el régimen hídrico, afectando tanto a los ecosistemas como a la distribución de las precipitaciones. Como consecuencia, la disminución de los recursos hídricos lleva a la pérdida de cobertura vegetal, la erosión del suelo y una reducción en su fertilidad.

De igual manera, los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques están siendo gravemente impactados, con una disminución y alteración en la estructura de las comunidades biológicas. Factores del cambio climático, como la variación en la precipitación anual y el aumento de la temperatura máxima promedio, contribuyen a la pérdida de hectáreas de bosques (Quispe et al., 2020). Además, los incendios forestales, exacerbados por el aumento de las temperaturas y la aridez del terreno, provocan daños extensos y prolongados, destruyendo flora y fauna, afectando los medios de subsistencia y alimentación, e incluso causando víctimas humanas (Gil Mora, 2020).

La seguridad alimentaria y la salud de las poblaciones vulnerables son especialmente sensibles a estos impactos. El incremento de las temperaturas favorece al crecimiento de plagas, lo que incrementa el uso de insecticidas y plaguicidas, comprometiendo la calidad de los productos (Zárate y Miranda, 2016). La calidad de vida también se ve afectada por el acceso limitado a agua potable, vivienda y electricidad, siendo las poblaciones más vulnerables las más perjudicadas debido a la deficiencia en infraestructura de salud pública (Sánchez, 2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2. Perspectiva de ciclo de vida como marco para el desarrollo de la Huella de Carbono

a. Análisis de ciclo de vida (ACV)

Con el creciente interés por los impactos del cambio climático debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las industrias han intensificado sus esfuerzos para evaluar cómo sus actividades operacionales afectan al medio ambiente y cómo minimizar estos efectos. Entre las diversas metodologías disponibles, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se destaca como una herramienta de gestión ambiental que permite evaluar y determinar de manera integral el impacto ambiental de una actividad o producto (Scientific Applications International Corporation [SAIC], 2006).

Según Bjørn et al. (2018), una de las principales ventajas del ACV es que proporciona una evaluación cuantitativa del potencial impacto ambiental de un sistema operativo, lo que facilita la comparación de los impactos ambientales entre procesos y sistemas productivos. Esto mejora la toma de decisiones a mediano y largo plazo, permitiendo optar por alternativas que reduzcan dichos impactos, basadas en un análisis científico riguroso. Además, el ACV adopta un enfoque "de la cuna a la tumba", que considera todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este enfoque reconoce que las etapas del ciclo de vida son interdependientes, lo que significa que los impactos ambientales acumulados en cada fase afectan las fases subsiguientes, proporcionando una visión holística y una base sólida para la propuesta de soluciones específicas a cada proceso operativo, en contraste con otras metodologías tradicionales (SAIC, 2006).

El ACV, sin embargo, requiere un manejo intensivo de datos, lo que puede dificultar su obtención y manejo detallado una vez obtenidos. Por esta razón, es común recurrir a softwares especializados para procesar y analizar dicha información. Para estandarizar estos estudios, el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

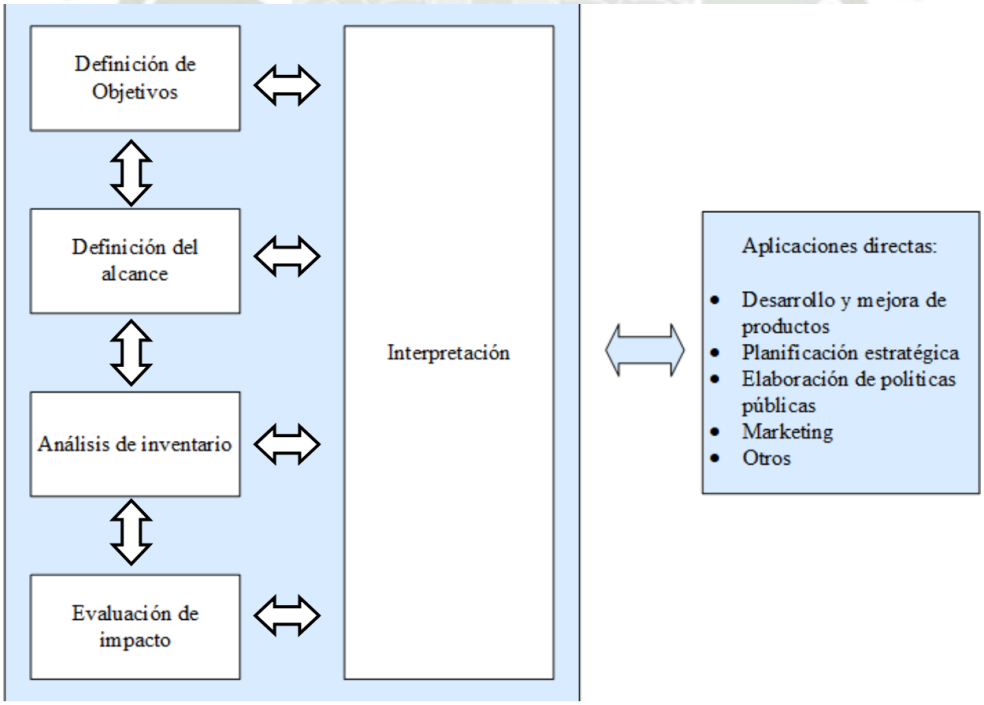
ACV se realiza siguiendo las normas establecidas por la Organización Internacional de Normalización o por sus siglas en inglés “ISO” (ISO 14040: 2006, 14044: 2006), las cuales establecen el procedimiento, así como las respectivas etapas del ACV. Lo que facilita la homogeneidad entre investigaciones y permite alcanzar un entendimiento común en el ámbito internacional e intersectorial (Harding, 2011).

b. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida

Conforme a lo dispuesto por la ISO, El análisis de ciclo de vida está determinado por 4 etapas fundamentales: La definición del objetivo y el alcance del estudio, el análisis de inventario, la evaluación de impactos y finalmente la interpretación. Como lo indica la Figura 5. cada etapa es base para la siguiente, pero también cada una de estas se retroalimenta con la interpretación final del estudio (Jolliet et al., 2015).

Figura 5

Fases del Análisis de Ciclo de Vida



Nota. Tomado de *Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines*, por International Organization for Standardization (ISO), 2006, ISO 14044:2006.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ***Definición de objetivo y alcance del sistema***

De acuerdo con la norma ISO 14040:2006, el objetivo del estudio de Análisis de Ciclo de Vida debe especificar las razones para su realización, el público al que están dirigidos los resultados y las aplicaciones futuras de los mismos. Las razones para llevar a cabo un ACV de un producto o servicio deben estar vinculadas con el uso de los resultados y el grado de cambios estructurales que se buscan implementar en el sistema, o, en su defecto, servir como soporte a un estudio meramente descriptivo, sin intención de realizar modificaciones (Bjørn et al., 2018).

El propósito de definir claramente el objetivo es instaurar las bases del estudio del ACV y, al mismo tiempo, es esencial para luego determinar su alcance. Tener claridad en ambos aspectos es crucial, ya que de ellos depende la selección de información, así como el modelado y la evaluación del sistema. Del mismo modo, influyen directamente en la validez de las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados del ACV (Hauschild, 2018).

El alcance debe garantizar que la amplitud, profundidad y nivel de detalle del estudio estén alineados con el objetivo planteado, y por ello debe definirse con precisión (Bjørn et al., 2018). Para lograrlo, la norma ISO 14044:2006 menciona los siguientes elementos que deben de ser especificados en el alcance del ACV.

Tabla 2

Elementos del alcance en el Análisis de Ciclo de Vida

Alcance del ACV	Descripción
Función del sistema	Es recomendable comenzar por delimitar la función del sistema. lo cual implica esclarecer tanto su función primaria como secundaria. Este paso facilita la posterior definición de la unidad funcional y los límites del sistema (Jolliet et al., 2015).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Alcance del ACV	Descripción
Unidad funcional	Según la ISO 14044:2006, es el rendimiento cuantificable de la función del sistema en términos del servicio que ofrece, además de ser base referencial para los datos de entrada y salida del sistema. Es una herramienta útil para comparar múltiples escenarios de producción, cada uno con su flujo de inventario y sus impactos específicos. Un ejemplo típico sería el análisis del ACV en la producción de pinturas, donde la unidad funcional podría ser 1 m^2/10 años; sin embargo, las unidades varían según el contexto del sistema evaluado. Definir adecuadamente la unidad funcional es crucial, ya que influye significativamente en cómo se lleva a cabo el ACV, sus resultados, la interpretación y, especialmente, los estudios comparativos. La unidad funcional sirve como referencia para seleccionar los procesos unitarios a analizar y determinar la escala adecuada para abordarlos. En resumen, es fundamental que la unidad funcional refleje con precisión los aspectos funcionales del sistema en estudio (Bjørn et al., 2018).
Límites del sistema	Los procesos unitarios que se incluirán en el ACV deben estar estrechamente relacionados con el objetivo del estudio. Es crucial identificar y definir con precisión los criterios bajo los cuales se establecen los límites del sistema, asegurando que estos se alineen con los objetivos planteados. En caso de que se omitan algunas etapas del ACV, es esencial que dichas omisiones no afecten significativamente los resultados y las conclusiones del estudio. Por tanto, es necesario especificar qué procesos o flujos serán excluidos del análisis (ISO 14044:2006). Una forma ideal de definir los límites del sistema es mediante la identificación de su interacción con la tecnosfera y la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Alcance del ACV	Descripción
	ecosfera. Para ello, es recomendable representarlos en un diagrama que muestre el ciclo de vida completo del producto, junto con los flujos de recursos y emisiones que intervienen dentro de los límites establecidos. Sin embargo, este enfoque puede no ser completamente viable debido a limitaciones en la disponibilidad de datos y flujos que pueden quedar fuera del análisis (Bjørn et al., 2018).
Representatividad de la información	La información primaria recolectada es representativa de los procesos que ocurren simultáneamente con el momento de su recolección. No obstante, es posible que se deba recurrir a información secundaria, la cual debe estar alineada con el contexto del ACV. La representatividad geográfica es clave para comparar productos sometidos a diferentes procesos, que pueden estar influenciados por la ubicación geográfica. En ciertos casos, será necesario utilizar información de procesos que ocurren en zonas aledañas, siempre y cuando esta sea pertinente y relevante como referencia (ISO 14044:2006). La representatividad tecnológica y temporal refleja el cómo se han innovado en ciertos procesos y flujos, importante para el análisis de inventario, y sobre todo el alcance debe de considerar las tecnologías que son parte del sistema (Bjørn et al., 2018).
Bases para la evaluación de impacto	La selección de las categorías de impacto a analizar debe estar directamente relacionada con los problemas ambientales del sistema o producto evaluado, en correspondencia con el objetivo del ACV. Se dará preferencia a las categorías de impacto que muestren mayores valores en comparación con otras, ya que estas reflejan un cambio significativo en los resultados del análisis (Bjørn et al., 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ***Fase de análisis de inventario del ciclo de vida***

El inventario del ciclo de vida (AICV) es un proceso en el que se cuantifican las materias primas, la energía requerida, las emisiones atmosféricas, los efluentes y los residuos sólidos, entre otros aspectos, a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio. Durante esta fase, se recopila y organiza toda la información del ACV, lo que da como resultado una lista detallada de las cantidades de contaminantes emitidos al ambiente, así como el consumo energético y de materias primas. Los resultados pueden desglosarse por proceso, etapa del ACV, o la matriz ambiental en la que ocurre el impacto. Además, estos datos pueden ser utilizados para comparar procesos y productos, teniendo en cuenta los factores ambientales asociados, y para establecer medidas de mitigación de emisiones (SAIC, 2006).

Según la ISO 14044:2006, el análisis de inventario del ciclo de vida debe de seguir las siguientes recomendaciones:

Tabla 3

Aspectos clave para un análisis de inventario

Componentes del análisis de inventario del ACV	**Descripción**
Procedimiento para la recolección de información	De acuerdo con Bjørn et al. (2018), al momento de recolectar información para el análisis de inventario, se deben considerar los siguientes aspectos: - El objetivo de elaborar un plan de recolección de datos es priorizar la información de mayor relevancia. Se recomienda utilizar una tabla de recolección de datos para cada proceso. - Generalmente, la información planteada para ser obtenida está basada en la representatividad establecida en el alcance del sistema. No

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Componentes del análisis de inventario del ACV	Descripción
	obstante, esta información puede variar en función de limitaciones imprevistas, por lo que la tabla de recolección debe ser flexible y adaptable. - La calidad y la dimensionalidad de la información se clasifican en cinco categorías: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Además, la información debe clasificarse por tipo, fuente y accesibilidad. Es importante tener en cuenta esta categorización para poder manejar la información adecuadamente.
Descripción cualitativa y cuantitativa de procesos unitarios	La información recolectada debe organizarse en flujos y procesos unitarios, y estar en unidades coherentes con los factores de caracterización; comúnmente se utiliza el kilogramo (kg) como unidad de análisis (Bjørn et al., 2018). Es esencial contar con datos precisos de las entradas y salidas del sistema evaluado, incluyendo flujos elementales y del producto (SAIC, 2006).
Fuentes bibliográficas	En caso de que no se disponga de información suficiente sobre los flujos (dado que no todas las organizaciones los registran), es posible modelar los datos, obtenerlos de bases de datos acreditadas o recurrir a estudios relacionados, esto también se detalla en la validación de la información (SAIC, 2006).
Procedimientos de Cálculo	De acuerdo De acuerdo con la ISO 14044:2006, los procedimientos deben estar claramente documentados y explicados para garantizar la transparencia y consistencia del estudio, de manera

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Componentes del análisis de inventario del ACV	Descripción
	que cualquier persona pueda entender cómo se realizaron los cálculos. Estos deben aplicarse a todos los flujos esenciales relacionados con el ciclo de vida del producto, evitando incoherencias en los resultados debido a métodos inconsistentes. Además, el sistema debe reflejar el realismo en términos de las fuentes de energía y la transformación de combustibles. - Los cálculos de entradas y salidas deben estar alineados con la unidad funcional. - El perfeccionamiento y el análisis de sensibilidad son cruciales, ya que optimizan el análisis a medida que se recopila información, permitiendo ajustar los límites del sistema y mejorar la precisión del ACV.
Validación de información	Este proceso debe llevarse a cabo durante la recolección de datos para asegurar su calidad. El balance de materia y energía debe ser consistente, y los datos deben ser exactos. Si los datos presentan anomalías o no cumplen con la representatividad temporal o geográfica, se debe recurrir a fuentes alternativas confiables y de calidad, como bases de datos especializadas en ACV, investigaciones relacionadas al mismo campo de estudio o modelos matemáticos (ISO 14044:2006).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

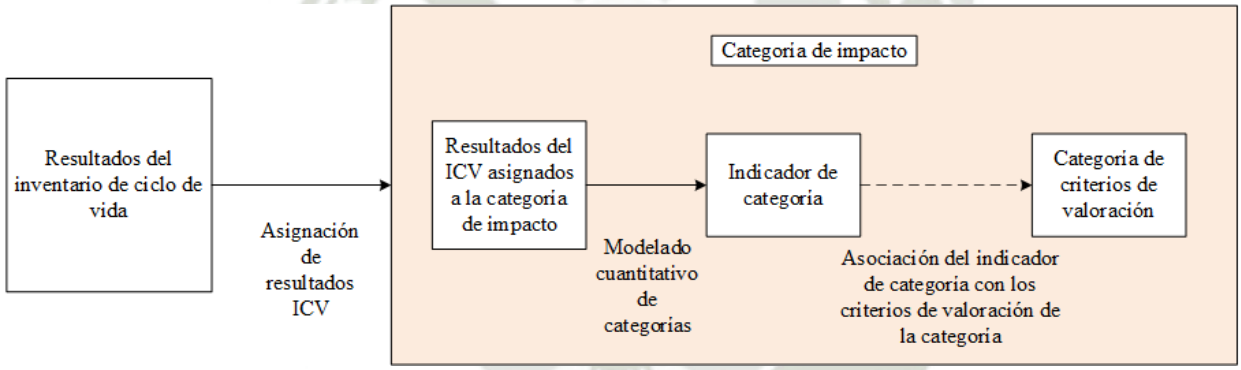
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ***Fase de evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV)***

La evaluación de impacto del ciclo de vida es una de las etapas más cruciales del ACV, ya que evalúa y relaciona los posibles impactos en la salud humana y el medio ambiente derivados de los consumos de recursos y las emisiones liberadas durante alguna de las etapas del ciclo de vida del producto, tal como se identificó en el análisis de inventario. Esta evaluación debe incluir los efectos en los ecosistemas, la salud humana y el agotamiento de los recursos naturales, permitiendo obtener una perspectiva objetiva de las consecuencias ambientales y su influencia en la toma de decisiones operacionales o el rediseño del proceso productivo (SAIC, 2006).

Figura 6

Evaluación de impacto del ciclo de vida



Nota. Tomado de *Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines*, por International Organization for Standardization (ISO), 2006, ISO 14044:2006.

De acuerdo con la ISO 14044:2006, la EICV debe cumplir con los siguientes aspectos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4

Aspectos relevantes del EICV

Selección de las categorías de impacto y los modelos de caracterización:	Esta fase consiste en elegir las categorías de impacto relevantes para el sistema, asegurando su alineación con el objetivo y alcance del estudio. Los modelos de caracterización se utilizan para derivar los indicadores de impacto a partir de los resultados del inventario del ciclo de vida, mientras que los factores de caracterización traducen estos datos en impactos ambientales concretos. Cada categoría de impacto posee un mecanismo diferente que explica cómo los flujos de materia y energía afectan el medio ambiente. La correcta selección de las categorías de impacto, sus indicadores y los modelos de caracterización es esencial para obtener resultados precisos y significativos que reflejen los impactos ambientales más relevantes (ISO 14044:2006). Generalmente, la EICV se enfoca en tres categorías principales: salud humana, salud de los ecosistemas y agotamiento de recursos, como se detalla en la Tabla 6. Sin embargo, la norma ISO 14044 permite definir nuevas categorías de impacto siempre que las ya existentes no satisfagan los objetivos del estudio, siguiendo las directrices establecidas en la norma.
Asignación de los resultados del AICV a las categorías de impacto:	Esta etapa es clave para la clasificación del ACV. Cada flujo o resultado del análisis de inventario debe asignarse a la categoría de impacto correspondiente. Por ejemplo, las emisiones de GEI se asignan a la categoría de calentamiento global. En otros casos, los resultados del AICV pueden distribuirse en múltiples categorías según el tipo de impacto ambiental. La norma también recomienda evitar clasificaciones redundantes cuando ciertos contaminantes no puedan asignarse a múltiples categorías de manera simultánea (ISO 14044:2006).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cálculo de los resultados de los indicadores de categoría:	Este paso convierte los resultados del AICV en unidades comunes dentro de la misma categoría de impacto. Por ejemplo, todas las emisiones de GEI pueden expresarse en CO_2 equivalente, multiplicando los resultados del AICV por un factor de caracterización de CO_2, obteniendo un resultado que represente el potencial de calentamiento global (SAIC, 2006). Este método debe estar bien documentado para garantizar su validez y precisión. Si los resultados del ICV no son de suficiente calidad, es necesario ajustar los datos o recabar información adicional, ya que la calidad influye directamente en la precisión de los resultados (ISO 14044:2006).

Etapas adicionales, como la normalización, agrupación, ponderación y documentación de los resultados del EICV, son útiles para interpretar los resultados y apoyar la toma de decisiones. La normalización permite comparar los resultados dentro de la misma categoría, mientras que la agrupación facilita su interpretación. La ponderación añade una valoración subjetiva de las categorías según su relevancia. Finalmente, la documentación garantiza que los resultados reflejen las limitaciones del análisis, proporcionando una base sólida para mejorar la toma de decisiones (SAIC, 2006).

- ***Fase de interpretación del ciclo de vida (ICV)***

La fase de interpretación del ciclo de vida es la etapa final del proceso, donde se utiliza una metodología sistemática para identificar, cuantificar, validar y evaluar la información obtenida en el análisis de inventario, y comunicarla de manera efectiva. En esta fase, se identifican los puntos críticos de las fases del ciclo de vida de un sistema o producto que contribuyen a impactos ambientales significativos. Además, se realiza una evaluación de la calidad y robustez de los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

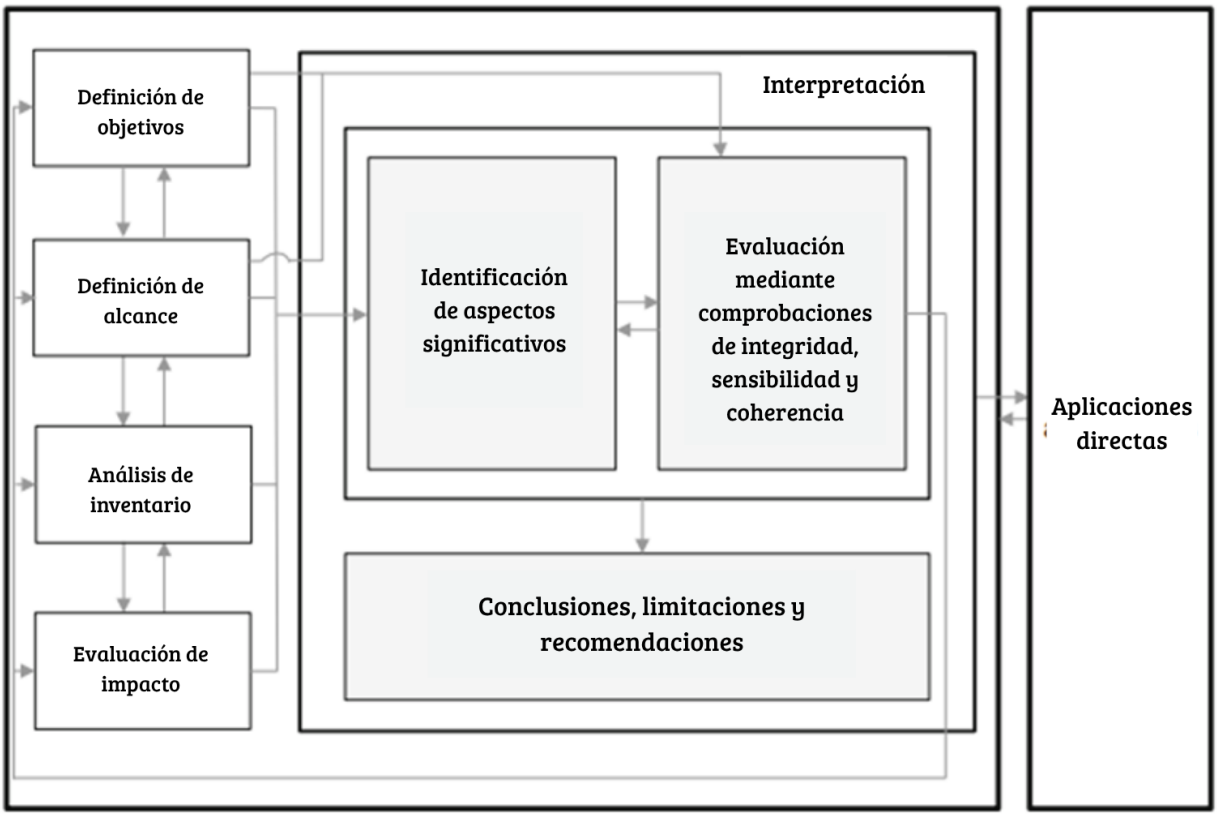
resultados a través de análisis de sensibilidad, incertidumbre y control de calidad (Jolliet et al., 2015).

Las conclusiones y recomendaciones que surgen de esta fase deben estar alineadas con los objetivos y el alcance del estudio. Es crucial que las conclusiones se presenten de manera clara y comprensible, permitiendo la identificación y evaluación de posibles debilidades en el estudio. Adicionalmente, los análisis de sensibilidad e incertidumbre, así como las herramientas de evaluación de impactos, deben aplicarse iterativamente a lo largo del proceso de ACV para asegurar la validez de los resultados (Hauschild et al., 2018).

La fase de interpretación se estructura en tres pasos, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Componentes de la interpretación del ciclo de vida



Nota. Tomado de *Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines*, por International Organization for Standardization (ISO), 2006, ISO 14044:2006.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 5

Elementos de la interpretación del ACV

Identificación de problemas relevantes	Implica el análisis de los resultados obtenidos en las fases previas del ACV para ofrecer una visión integral de los aspectos ambientales más significativos que podrían influir en los resultados finales (Hauschild, 2018). Es crucial que el analista registre en una lista todas las suposiciones y decisiones metodológicas, ya que esto facilita los análisis de sensibilidad y consistencia del estudio. Este análisis debe incluir parámetros clave como el consumo energético, las emisiones, los residuos, los indicadores de categorías de impacto, y las contribuciones individuales de cada proceso unitario del ciclo de vida (SAIC, 2006).
Evaluación de sensibilidad e incertidumbre	Analiza cada etapa del ciclo de vida con el fin de garantizar que las conclusiones, recomendaciones y limitaciones del estudio sean comprensibles y fundamentadas. Para lograrlo, es fundamental validar la integridad del estudio, lo cual asegura que toda la información necesaria esté completa para su interpretación. Una forma de hacerlo es utilizando listas de verificación (checklists) para cada etapa del proceso (Hauschild, 2018).
Verificación de sensibilidad	Tiene como objetivo determinar si las incertidumbres detectadas en los aspectos clave del ACV afectan la toma de decisiones. De este modo, se evalúa si los resultados son lo suficientemente robustos como para respaldar el análisis. En caso de que los resultados no sean confiables, es necesario mejorar la calidad de la información y reconocer y reportar las limitaciones del estudio (SAIC, 2006).
Verificación de consistencia	Revisa si todas las partes del ACV están alineadas con los objetivos establecidos. Este proceso incluye la evaluación de la calidad de los datos de inventario en cuanto a representatividad temporal, geográfica y tecnológica en relación con el contexto del estudio. Si se detectan inconsistencias, es crucial evaluar el impacto que estas podrían tener en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	las conclusiones finales y ajustar los datos si fuera necesario (Hauschild, 2018).
Conclusiones finales	Son una síntesis de los hallazgos obtenidos durante las fases de análisis de sensibilidad e incertidumbre. Estas conclusiones deben cumplir con los requisitos de calidad de la información, así como tener en cuenta las limitaciones y la metodología aplicada en el ACV. Si se cumplen estos criterios, es pertinente comunicar las conclusiones, junto con recomendaciones basadas en los resultados obtenidos. Dichas recomendaciones deben ser coherentes con los objetivos iniciales del estudio y estar fundamentadas en los resultados alcanzados (Hauschild, 2018).

c. Categorías de impacto

Además de las categorías de cambio climático y huella hídrica, el Análisis de Ciclo de Vida abarca una amplia variedad de problemas ambientales, como la acidificación, el cambio de uso del suelo, la eutrofización, los impactos en la salud humana, la ecotoxicología, entre otros.

El ACV incluye diversas categorías de impacto porque, en muchos casos, los resultados pueden mostrar que la carga ambiental de un sistema específico se reduce en una de las etapas del proceso productivo, pero esto puede conllevar un aumento del impacto en otra categoría ambiental. Por lo tanto, es fundamental que, al realizar un ACV de un producto o servicio, se consideren cuidadosamente todas las categorías de impacto potenciales que podrían verse afectadas (Hauschild, 2018).

La selección de categorías de impacto está estrechamente relacionada con el objetivo del estudio (ISO 14044:2006). A continuación, la Tabla 6 indica las 18 categorías de impacto a considerar en un ACV.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 6

Categorías de impacto y sus unidades

Categoría de impacto	Unidad	Categoría de impacto	Unidad
Cambio climático	kg. CO_2 eq.	Ecotoxicidad en agua dulce	kg 1,4-DB eq.
Agotamiento de la capa de ozono	mg. CFC-11 eq.	Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DB eq.
Agotamiento del agua	m^3	Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC
Agotamiento de metales	kg Fe eq.	Formación de material particulado	kg PM10 eq.
Agotamiento de recursos fósiles	kg oil eq.	Radiación ionizante	kBq U235 eq.
Acidificación terrestre	kg. SO2 eq.	Ocupación del suelo agrícola	ha*a
Eutrofización del agua dulce	g P eq.	Ocupación del suelo urbano	ha*a
Eutrofización marina	g N eq.	Transformación natural del suelo	ha
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq.	Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq.

Nota. Adaptado de *Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of Manu National Park, Peru*, por Larrea-Gallegos, G., Vázquez-Rowe, I. & Gallice, G., 2017.

d. Normativa y estándares del ACV

- **La ISO:14040 (2006) "Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia"** que fue publicada en el 2006, establece los principios generales y el marco de referencia para realizar un ACV. Puesto que se busca estandarizar una metodología de evaluación del impacto ambiental de productos o servicios en lo que respecta todo su ciclo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de vida, desde la extracción de las materias primas que lo constituyen hasta su disposición final. Asi mismo, en esta norma se explican elementos básicos como la definición del ciclo de vida y sus 4 fases importantes sin recaer en detalles técnicos que involucran su implementación.

- **La ISO:14044 (2006) "Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Requisitos y directrices"** que también fue publicada en el 2006, es la reglamentación complementaria centrada en la metodología práctica y detallada para poder aplicar cada fase del ACV. Facilitando que diversas organizaciones lleven a cabo estudios de ACV de forma estandarizada, garantizando resultados objetivos y que sea posible compararlos con otros estudios bajo los mismos parámetros. Explica a detalle los procedimientos en los que indica las reglas exactas para realizar el análisis de inventario y la interpretación de resultados. Hace hincapié en las categorías de impacto a priorizar en el ACV dependiendo el contexto del estudio y por último proporciona criterios para que la interpretación de resultados sea consistentes y transparentes para la posterior toma de decisiones.

e. Relación el ACV y la huella de carbono

Como se ha mencionado previamente, el Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta esencial para la gestión ambiental, ya que permite realizar un estudio integral de toda la cadena productiva, proporcionando resultados cuantificables en diversas categorías de impacto. Esto facilita la toma de decisiones que promueven la mejora de los sistemas productivos en términos ambientales (Bjørn et al., 2018).

Por otro lado, la huella de carbono, ampliamente conocida por haber incrementado la conciencia ambiental en la toma de decisiones empresariales, especialmente en el ámbito del marketing, es aplicada en la actualidad como una herramienta para evaluar el impacto ambiental. En realidad, la huella de carbono es una de las categorías de impacto dentro del ACV,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

específicamente vinculada al cambio climático, y se expresa en unidades de CO_2 equivalente. Esta métrica permite medir las emisiones de GEI generadas por actividades industriales, así como por productos, servicios u organizaciones (Jolliet et al., 2015).

Sin embargo, aunque los estudios de huella de carbono proporcionen resultados valiosos, estos no reflejan por completo la carga ambiental total de los procesos y actividades analizadas. Enfocarse únicamente en la reducción de emisiones de GEI puede llevar a ignorar otros impactos ambientales relevantes. Esto podría inducir a decisiones que favorezcan el cambio climático, pero afecten negativamente otras categorías de impacto, resultando en una suboptimización de políticas y tecnologías que buscan fomentar la sostenibilidad (Laurent et al., 2012).

f. Desafíos y limitaciones del ACV

Bjørn et al. (2018) menciona algunos aspectos a considerar como limitaciones en el ACV a pesar de que es una herramienta integral que nos permite comparar los diversos impactos ambientales de un producto o servicio.

- Una de sus limitaciones radica en que la modelación del sistema puede recaer en generalizaciones por lo que puede omitir el calcular impactos ambientales reales por lo que es preferible considerar que el ACV calcula potenciales impactos ambientales.
- Así mismo este método no prevé eventos desafortunados como accidentes en industrias, explosiones, derrames de petróleo, etc. Por lo que no ante opciones sostenibles y eco amigables no escatima lo riesgosas que pueden tornarse.
- Otra limitación es que al ser un estudio completo con muchas variables a considerar es preferible utilizar softwares especializados, sin embargo, estos no suelen encontrarse a precios accesibles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- La disponibilidad de información puede ser limitada lo que afecta directamente a la calidad del ACV y puede requerir de muchos recursos y tiempo dependiendo de qué tan exhaustivo sea la recolección de datos. y esto también influencia en los resultados del estudio (SAIC, 2006).
- No determinará qué proceso o servicio es el más rentable o el más eficiente por lo que los resultados del ACV sobre todo destacan en la toma de decisiones al permitir comparar y compensar el sistema con el mejor rendimiento y coste (SAIC, 2006).

2.2.3. Huella de carbono

La huella de carbono es un término que ha ganado popularidad con los años, aunque su definición sigue siendo un tanto ambigua debido a diversas interpretaciones. En general, se expresa en toneladas de CO_2 equivalente, ya que toma en cuenta la emisión de GEI además del CO_2 (Carballo et al., 2009). Originalmente, solo se incluían las emisiones de CO_2, dejando fuera otros GEI como el metano; sin embargo, este enfoque ha evolucionado con el tiempo (Wiedmann y Minx, 2008).

La huella de carbono es una medida integral de todas las emisiones de CO_2 generadas directa o indirectamente por una actividad o a lo largo de cada etapa en el ciclo de vida de un producto, abarcando actividades de individuos, gobiernos, empresas y organizaciones. Esta herramienta ha sido reconocida como clave para cuantificar las emisiones de GEI derivadas de diversas actividades, eventos u organizaciones, y permite evaluar el impacto ambiental de dichas acciones (Andia y Andía, 2019).

De acuerdo con el Ministerio para la Transición Ecológica en España (2018), la huella de carbono de un producto busca calcular los GEI emitidos a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas y procesamiento hasta su distribución y final de vida útil. Este

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

análisis ofrece la posibilidad de tomar medidas para reducir el consumo de energía, recursos y materiales, mejorando así el desempeño ambiental.

El protocolo de Kyoto especifica los 6 gases de efecto invernadero (Frohmann, 2013). Así mismo la Tabla 1 detalla sus fuentes de emisión.

- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido nitroso (N_2O)
- Hexafluoruro de azufre (SF_6)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (HFC)

a. Medida de las emisiones

De acuerdo con Green house Gas Protocol (GHG protocol, 2004), el cual está basado en el enfoque de ciclo de vida, las emisiones de GEI pueden clasificarse en 3 alcances con el fin de delimitar su origen y así poder evaluarlas con trasparencia, así como elaborar un plan detallado de mitigación según estas circunstancias.

- **Alcance 1:** Emisiones directas de GEI de las cuales la empresa ejerce un absoluto control. Estas incluyen la combustión de calderas y hornos, quema de combustibles fósiles de parte de los vehículos de la empresa, emisiones de la producción química realizados en los equipos de procesamiento de la empresa, etc.
- **Alcance 2:** Emisiones indirectas de GEI producto de la generación de electricidad comprada por la empresa que tiene su aplicación en las instalaciones de la organización.
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas de GEI que, si bien son consecuencia de las acciones de la empresa, su fuente de generación está fuera del alcance y control de esta. Generalmente se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

consideran las emisiones provenientes de la cadena de suministro, la compra y extracción de materias primas, su transporte y su distribución luego de su procesamiento.

b. Metodología y normativa para el cálculo de la huella de carbono

- **La norma PAS 2050 (2008)** es una herramienta que permite calcular las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de un producto o servicio. Su principal objetivo es estandarizar los cálculos de GEI lo que facilita a las organizaciones identificar y gestionar su huella de carbono en todo lo que respecta la cadena de suministro. La norma también proporciona metodologías clave para evaluar los impactos ambientales en cada fase, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.
- **El GHG protocol (2004)** es la normativa a nivel global enfocada en medir y gestionar las emisiones de GEI en empresas y cadenas de valor. Proporciona directrices para calcular la huella de carbono basado en 3 tipos de alcances que explican del origen de las emisiones dependiendo en la accesibilidad y control de la organización en poder gestionarlas. Asi mismo esta herramienta hace posible evaluar y reducir los impactos ambientales de servicios o productos gracias a su orientación en estrategias sostenibles y transparentes para la corporación.
- **La norma ISO 14064 (2018)** ofrece un marco para medir, reportar y verificar las emisiones de GEI en organizaciones. Esta se divide en tres partes: la primera aborda la cuantificación y el reporte de las emisiones; la segunda define los requisitos para proyectos de reducción de GEI, incluyendo validación y verificación; y la tercera proporciona lineamientos y directrices para verificar las emisiones. Su objetivo es ayudar a las organizaciones a gestionar y reducir sus emisiones, promoviendo así una mayor transparencia y responsabilidad ambiental.
- **La norma ISO 14067 (2018)** describe métodos para calcular y comunicar la huella de carbono de productos, abarcando todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

su ciclo de vida, expresadas en términos de CO_2 equivalente. Con ello, y basado en un enfoque de ACV, establece directrices para asegurar la transparencia y comparabilidad en los informes, promoviendo la reducción de emisiones y el diseño de productos más sostenibles al medir su impacto ambiental.

c. Cuantificación de la huella de carbono de un producto

La metodología propuesta por la ISO 14067:2018, la cual también se basa principalmente en el enfoque de ciclo de vida descrito anteriormente, establece el siguiente procedimiento:

- Definición de objetivos y alcance
- Análisis de inventario para la huella de carbono
- Evaluación de impacto de la huella de carbono
- Interpretación del ciclo de vida del estudio de la huella de carbono

En este caso tanto la definición de objetivos y alcance, así como los siguientes procedimientos como la evaluación e interpretación de resultados deben de estar enfocados en el estudio de la huella de carbono del producto.

Por otro lado, si bien es verdad que la categoría de potencial de calentamiento global del ACV es recomendable calcularla por medio se softwares especializados. También es posible aplicar el método estandarizado por el IPCC en el año 2006, el cual consiste en el cálculo y estimación de los GEI emitidos en las actividades referentes a la producción de un bien, así como un evento en particular.

EMISIONES DE GEI = Dato de actividad x factor de emisión

- El **dato de actividad** es el nivel de una determinada acción que genera emisiones de GEI. Se consideran factores de consumo como el gas utilizado en calderas, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El **factor de emisión** es la cantidad de GEI que son emitidos por cada unidad del **dato de actividad** en cuestión, en ese caso es el factor en kg de CO_2 eq/ por la unidad de consumo.

Así mismo, es importante tener en cuenta el potencial de calentamiento global de cada GEI al momento realizar las conversiones para determinar la huella de carbono de un producto o servicio en su totalidad (Rypdal et al., 2006).

d. Verificación

En esta etapa se busca examinar la precisión de la data prevista para el cálculo de la huella de carbono. El fin es tratar de reducir al máximo que los datos provistos no contengan errores o alteraciones que terminen por afectar el valor final de las emisiones calculadas (Rondón y MINAM, 2015). El registro debe ser exacto, coherente y transparente, que inspire confianza de modo que debe ser reconocido por terceros, si bien es verdad que son muy pocas las pequeñas empresas las que verifican sus emisiones, este no es un factor determinante y obligatorio ya que esta verificación incluye costos adicionales (Frohmann, 2013).

b. Reducción y neutralización

Una vez obtenidos los datos de las emisiones de carbono por cada actividad de la producción de un bien, la empresa tiene la oportunidad de instaurar y disponer de nuevas medidas que permitan reducir e incluso neutralizar las emisiones de carbono. Aquí entra otro concepto relacionado a la huella de carbono, el cual es los bonos de carbono (Rondón y MINAM, 2014).

2.2.4. Producción láctea y manufactura del queso tipo paria

a. Impacto de la producción de leche

La leche es uno de los alimentos esenciales en la dieta básica y juega un papel importante en el desarrollo humano, contribuyendo a la prevención de enfermedades a largo plazo. Su valor nutricional es elevado, ya que aporta proteínas, carbohidratos, grasas, y diversas vitaminas y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

minerales como el calcio, fósforo, magnesio, zinc y selenio. La leche se compone principalmente de agua (90%) y contiene alrededor de un 3.5% de proteínas, entre las cuales se destacan las caseínas y las proteínas séricas (Sánchez et al., 2020).

La calidad de la leche depende de diversos factores, entre ellos la especie animal, la alimentación del ganado y aspectos climáticos. Esta calidad se ve directamente afectada por factores relacionados con el cuidado de las vacas y los procesos de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño. La industria láctea es una de las mayores industrias a nivel global debido a su rol fundamental en la alimentación básica, y abarca la producción de productos como leche agria, queso, mantequilla, leche en polvo y leche condensada, entre otros (García et al., 2018).

b. Producción de leche a nivel nacional e internacional

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los países en vías de desarrollo han mostrado un crecimiento sostenido en la producción de leche, impulsado por aproximadamente 150 millones de pequeños productores. En ese mismo año, India y Estados Unidos lideran la producción mundial, representando en conjunto un 22% de la producción total. En contraste, países como México y Argelia enfrentan un déficit en su producción de leche (FAO, 2018). En 2023, la producción global de leche alcanzó los 550 millones de toneladas, mostrando un incremento significativo de 5 millones de toneladas a comparación de la producción en el año 2022 (Statista, 2024).

A nivel mundial, los principales productores de leche son la Unión Europea, Estados Unidos, India y China; en Sudamérica destacan Brasil y Argentina. En la Unión Europea, se produjeron 110.8 mil toneladas entre enero y septiembre de 2023, con un aumento del 0.5 % impulsado por Alemania, Países Bajos, Polonia y Bélgica. En Estados Unidos, la producción total hasta septiembre fue de 171 mil millones de libras, aunque disminuyó en octubre debido a una

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

reducción del ganado. Por otro lado, en China incrementó su producción en un 7.5 % en el primer semestre, mientras que India, como mayor productor global, proyecta 207 millones de toneladas para 2023. En Sudamérica, Argentina sufrió una baja del 3.6 % en septiembre por sequías, afectando sus reservas, mientras que en Brasil la recolección creció un 1.7 % hasta septiembre, aunque la reducción de precios podría impactar los ingresos de los productores (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023)).

En lo que respecta a la producción anual nacional, Perú produjo 1.9 millones de toneladas de leche en 2020. Las regiones de mayor producción fueron Cajamarca con un 19%, Arequipa con un 18% y Lima con un 14%. En el país se contabilizan aproximadamente 452 mil productores de leche, de los cuales un 85% corresponde a la ganadería de subsistencia, un 14% a pequeños y medianos productores, y solo un 1% a grandes empresas. En cuanto al consumo, la leche fresca representa un 80% del mercado, la leche entera un 19%, y la leche en polvo un 1% (MIDAGRI, 2021).

Entre enero y septiembre de 2023, la producción nacional de leche alcanzó 1.7 millones de toneladas, representando una disminución del 1.5% en comparación con 2022. Las principales regiones productoras fueron Cajamarca con el 17 %, Lima 16 % y Arequipa 15 %, que en conjunto sumaron el 48% de la producción total. No obstante, varias regiones experimentaron una baja en producción, en las que destacan las regiones de Ayacucho con la disminución del 22.9 %, Arequipa -15.1%, Lima -3.6%, y Cajamarca -1.7%. Esta caída se atribuye a la reducción del número de vacas en ordeño, alza en los costos de alimentación y menor cobertura de pastos en algunas áreas (MIDAGRI, 2023).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c. Producción del queso tipo paria a nivel nacional

En el Perú, el 52 % de la producción nacional de leche fresca se destina a la elaboración de productos lácteos artesanales, especialmente queso, que es el segundo lácteo más consumido tras la leche evaporada, con una preferencia de 7 de cada 10 personas, según la Encuesta Nacional del Consumidor Peruano. Aunque el consumo per cápita de queso es de 4.3 kg al año, es bajo frente a países como Grecia 36 kg y Francia 26 kg. En 2023, la producción de queso en el país creció un 8.7% respecto a 2022, alcanzando 137 mil toneladas, con el queso fresco representando el 73% de la producción, el maduro el 23% y el mantecoso el 4 % (MIDAGRI, 2024).

Además, en 2021, MIDAGRI reportó aproximadamente 388,450 productores de queso y unas 6,500 plantas queseras en el país, incluyendo tanto plantas artesanales como industriales, con una producción total de 126,685 toneladas de queso. Perú cuenta con más de 50 variedades de queso madurado, destacando el queso tipo paria, andino y fresco como los más representativos. Los departamentos con mayor producción de queso son, en orden ascendente: Puno, Cajamarca, Ayacucho, Cusco, Lima, Piura, Pasco y Junín.

d. Producción del queso tipo paria en Puno

Como se mencionó anteriormente, la región de Puno destaca como la mayor productora de queso a nivel nacional, contando con 1,311 plantas queseras de las 6,500 registradas en el país (MIDAGRI, 2019). No obstante, solo 63 empresas productoras de queso en Puno informan regularmente sobre su producción, según las agencias agrarias provinciales. Esto sugiere que una parte significativa de las plantas queseras no reporta sus cifras de manera constante, lo cual impacta en la precisión de los datos de producción a nivel nacional (Tabla 7).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 7

Distribución de las plantas queseras en la región de Puno

PROVINCIAS	TOTAL
Azángaro	12
Huancané	10
Lampa	3
Melgar	20
Puno	11
San Román	5
Sandia	1
Yunguyo	1
Total, General	63

Nota. Tomado de *Memoria Agroindustrial*, por la Dirección Regional Agraria – Puno, 2022.

La provincia que destaca en la producción de queso es Melgar, particularmente la localidad donde se realizará el estudio de huella de carbono, con un total de 20 industrias queseras informantes. En segundo lugar, se encuentra la provincia de Puno, que cuenta con 11 plantas de procesamiento, tanto industriales como artesanales.

La producción de leche, materia prima fundamental para la elaboración del queso, está directamente influenciada por factores climáticos como la precipitación, la humedad y la temperatura, además de factores culturales. Estos elementos afectan tanto la productividad de las vacas como el crecimiento del forraje, su principal alimento, y el nivel de estrés que los cambios de temperatura pueden provocar en estos animales (Conejo-Morales y Wingching, 2020).

- ***Variedades de queso producidas en la región de Puno***

Según la Dirección Agraria de la región de Puno (2022), se producen aproximadamente 10 tipos de queso, entre los cuales destaca el queso tipo paria, debido a la sencillez de su proceso productivo y a que no requiere un tiempo de maduración, a diferencia de otras variedades de queso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este tipo de queso también presenta alta demanda en el mercado, puesto que es muy versátil en la preparación de diversos platillos, lo que impulsa su producción. Las variedades de queso con mayor producción en la región son las siguientes como lo indican la Tabla 8 y Figura 8:

- Queso Paria: alcanza casi dos millones de unidades, representando el 85% de la producción total de queso en 2022.
- Queso Lizo: con una producción de 96,037 unidades en el mismo año, representando solo el 4% de la producción total.
- Queso Andino y Mozzarella: con producciones de 71,477 y 70,149 unidades, respectivamente, ambos representan apenas el 1% de la producción total.

Tabla 8

Producción de quesos en empresas agroindustriales investigadas en el año 2022

TIPO DE QUESO	TOTAL
Paria	1979748
Andino	71477
Mozzarella	70149
Pitzza	57539
Gouda	24867
Aromatizado	16136
Pasteurizado	7080
Edam	11070
Parmesano	9352
Lizo	96037
TOTAL	**2343455**

Nota. Tomado de *Memoria Agroindustrial*, por la Dirección Regional Agraria – Puno, 2022.

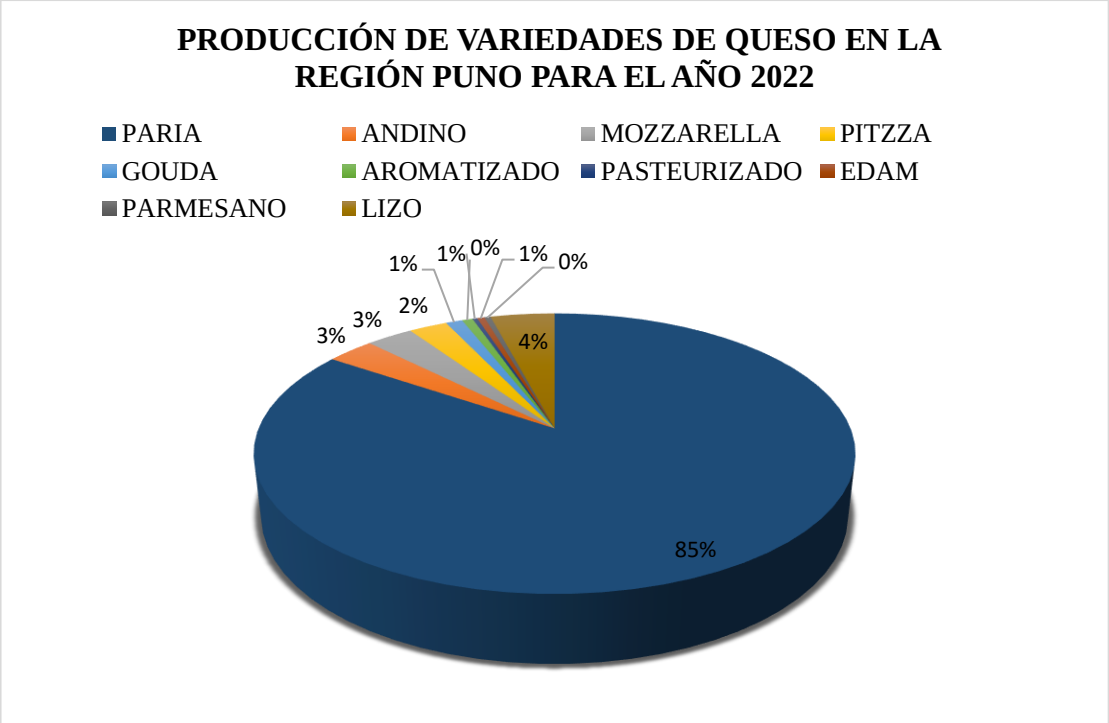
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 8

Distribución de variedades de queso en la región Puno



Nota. Adaptado de "Memoria Agroindustrial", por la Dirección Regional Agraria – Puno, 2022.

Mercado del queso en Puno

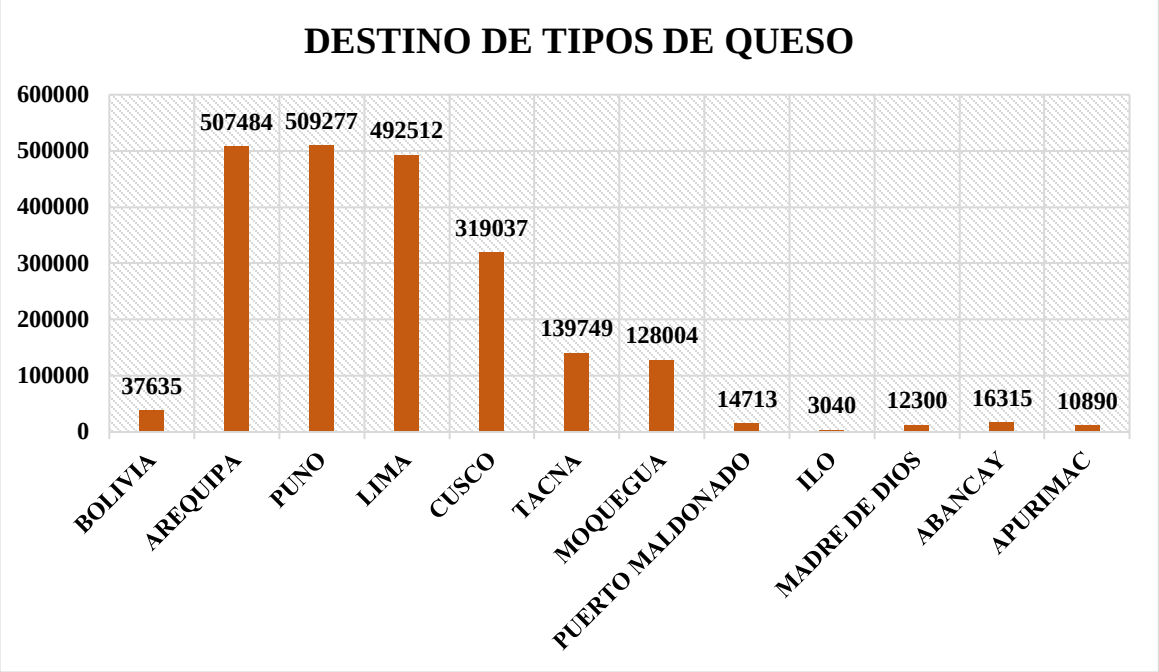
Asi mismo como lo indica la Agencia Agraria en el año 2022 el mercado de queso producido en la región de Puno se dirige principalmente a Lima, Arequipa y la misma región de Puno, concentrando entre un 22 % y 23 % del total. En menor volumen, se realizan envíos a Tacna y Moquegua, con un 6 % de participación cada uno. Además, un 2 % de la producción se destina a Bolivia, debido a la cercanía fronteriza, lo cual supera los envíos a otras regiones como Ilo, Abancay, Apurímac, Madre de Dios y Puerto Maldonado. La Figura 9 lo explica a detalle.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 9

Regiones de destino de queso



Nota. Tomado de *Memoria Agroindustrial*, por la Dirección Regional Agraria – Puno, 2022.

- ***Industrias lácteas Flor Andina S.R.L.***

La empresa láctea Flor Andina S.R.L. (RUC: 20607045055), ubicada en Ayaviri, provincia de Melgar en Puno, con una ubicación estratégica a afueras del distrito que facilita el transporte y77 distribución de sus productos. Con 8 años de operación y formalizada en 2021, es una de las más destacadas en la región por su producción de quesos tipo paria, andino y mozzarella, destinados principalmente a Lima, donde los compradores gestionan la distribución desde la planta. Flor Andina colabora con 70 productores de leche en el distrito y cuenta con un caldero, pasteurizador y cámara trifásica. La producción diaria de queso tipo paria llega a 1,000 unidades, aunque la disponibilidad y calidad de la leche están sujetas a factores estacionales como la precipitación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Actualmente, como muestra la Tabla 9, Flor Andina tiene 12 trabajadores que se encargan del acopio y producción de quesos. La empresa adquiere la leche a un precio de 1.60 S/. por litro, con variaciones estacionales. En 2023, el queso tipo paria sigue siendo el producto más demandado, especialmente en Lima, Arequipa, Cusco y Tacna, mientras que el queso andino se produce ocasionalmente bajo pedido.

En Ayaviri, muchas plantas queseras carecen de sistemas de tratamiento de aguas residuales, y los efluentes, como el suero, se descargan en el sistema de desagüe, y esta planta no es la excepción. Solo algunos productores aprovechan el suero como alimento para ganado debido a los costos adicionales de transporte y combustible, así como a la falta de control en la gestión de residuos por parte de las autoridades locales.

Tabla 9

Información general de industrias lácteas Flor Andina S.R.L.

Industrias lácteas Flor Andina S.R.L.	
Gerente	Andrea Velázquez Mamani
RUC	20607045055
Año de inicio	2015
Año de Formalización	2021
Alimentos que produce	Queso paria (diariamente) Queso andino (a pedido)
Número de plantas en la región	1
Cantidad de trabajadores en planta y acopiadores	12
Cantidad de trabajadores en ventas y cocineros	2
Proveedores/productores de leche	70
Precio de compra de la leche	1.60 S/ por litro
Producción diaria de queso	900 - 1000 quesos diarios

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Industrias lácteas Flor Andina S.R.L.	
Número de camionetas	3
Número de motocicletas	4
Ubicación	Jr. 16 de febrero distrito de Ayaviri provincia de Melgar

Nota. Elaboración propia basada en la información provista por Flor Andina S.R.L.

e. Etapas de la producción del queso tipo paria

El queso tipo paria es uno de los más representativos en Puno, especialmente en las provincias de Melgar y Azángaro, debido a su rápido proceso de elaboración y almacenamiento, que suele completarse en un día. Tradicionalmente el queso paria original utiliza una mezcla leche de vaca y de ovino para su producción. En la actualidad solo se utiliza leche de vaca, es por ello que se denomina queso tipo paria. Este queso tiene una forma circular con bordes característicos de su molde, que puede variar de rústico a más estilizado (Trujillo, 2020).

El proceso de producción implica diversas etapas de control y tratamiento de la leche, así como pasos de coagulación, corte, salado y prensado, necesarios para darle forma y textura específicas. El cuajado, la extracción de suero y el moldeado permiten obtener su textura suave y un peso aproximado de un kilogramo. Tras el moldeado, se realiza un secado breve en condiciones controladas de temperatura y humedad. Así mismo el índice de conversión resumen que para cada kilogramo de queso se requieren entre 8 y 9 litros de leche, dependiendo de su composición y el contenido de humedad del queso final. (Huanca, 2017).

De acuerdo con Huanca (2017) en el manual de elaboración de quesos en la región sur las etapas de producción de queso tipo paria se componen en:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Acopio de Leche:** La leche se recoge en recipientes de acero inoxidable o aluminio anodizado, previamente desinfectados. El transporte debe ser rápido y cuidadoso para evitar la separación de la nata y la fermentación temprana de la leche.
- **Control de Calidad:** Al recibir la leche en la quesería, se verifica la acidez (14-19 ºD), densidad (1.028-1.034 g/ml) y que la prueba de alcohol sea negativa. Solo la leche que cumpla con estos parámetros continúa en el proceso.
- **Filtrado:** Se filtra la leche mediante una tela fina para eliminar impurezas visibles.
- **Pasteurización y Acondicionamiento:** La leche se calienta a 65 ºC durante 30 minutos y se enfría, añadiendo cloruro de calcio (18-20 g por 100 L) y, opcionalmente, fermento láctico termo-fílico para mejorar la conservación.
- **Cuajado:** La leche se lleva a 34-35 ºC durante 30-40 minutos con cuajo de quimosina, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- **Corte de la Cuajada:** La cuajada gelatinosa se corta primero con una lira horizontal y luego con una lira vertical, hasta obtener granos del tamaño de un maíz.
- **Batido y Desuerado:** El primer batido es suave para no romper los granos de cuajada. Luego se realiza un primer desuerado, eliminando aproximadamente el 30 a 35% del suero.
- **Lavado y Cocción:** Se añade agua caliente (50-60 ºC) para diluir componentes del suero, aumentando la temperatura a 37-38 ºC. Un segundo batido endurece los granos de cuajada, verificando su consistencia.
- **Segundo Desuerado:** Se retira el suero restante hasta que los granos de cuajada sean visibles.
- **Salado:** La cuajada se sala en la tina, diluyendo previamente la sal en agua pasteurizada y añadiéndola a 37-38 ºC. La cuajada reposa de 15 a 30 minutos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

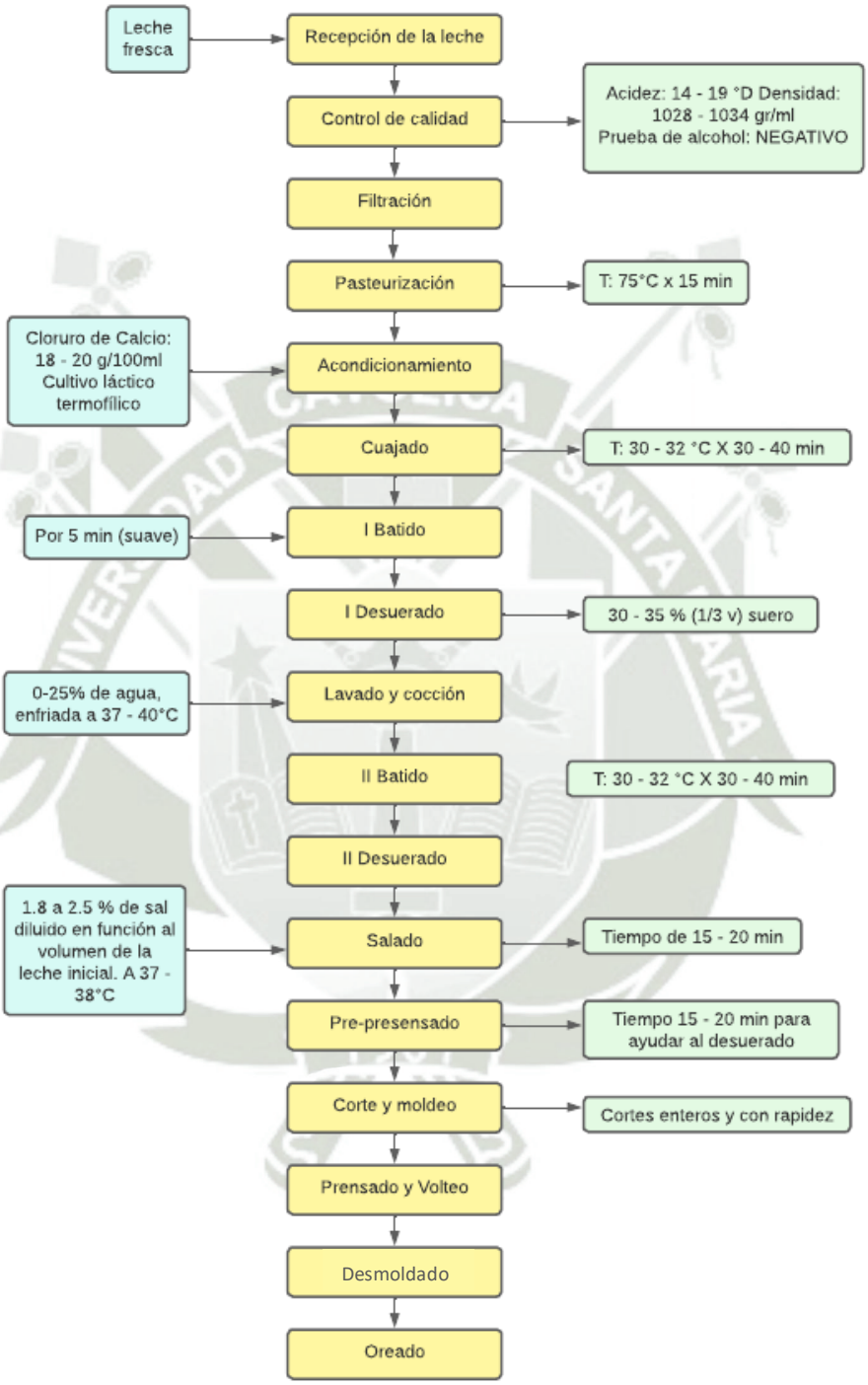
- **Pre-Prensado:** La cuajada se somete a pre-prensado (20-25 kg de peso por cada 100 L de leche) durante 15-20 minutos para un óptimo desuerado y facilitar el moldeado.
- **Moldeado y Prensado:** La cuajada se corta y coloca en moldes a 36 ºC, evitando corrientes de aire. El prensado, gradual, dura de 8 a 10 horas con tres volteos: a los 20-25 minutos, después de 1-1.5 horas y luego entre 1-2 horas.
- **Empacado al Vacío:** Tras un período de oreo de 5-7 días, los quesos se envasan al vacío en bolsas transparentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 10

Diagrama de flujo de la producción de queso tipo paria



Nota. Tomado de la empresa productora de lácteos Flor Andina S.R.L, 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.5. Impactos ambientales en la industria láctea

a. Emisiones de GEI a la atmósfera

Las emisiones de N_2O generadas en la producción agrícola y por el uso de fertilizantes sintéticos, así como por la gestión de estiércol en sistemas industrializados, superan las emisiones originadas en la descomposición de residuos agrícolas en épocas preindustriales. Además, se ha demostrado que el origen de los piensos para el ganado influye de forma significativa en estas emisiones. La gestión de deyecciones y la disposición final del estiércol, así como el metano entérico generado por los animales, constituyen las principales fuentes de emisión de CH_4 a la atmósfera (Aguilera et al., 2020).

Las actividades de producción de carne de vaca, cerdo y leche representan contribuyentes significativos a las emisiones de GEI, situación que se ve directamente influenciada por el crecimiento demográfico y el aumento en la demanda alimentaria, lo cual incrementa la producción de lácteos (González, 2012).

b. Consumo y contaminación del agua

La industria de producción de alimentos lácteos demanda grandes volúmenes de agua y genera efluentes con alta carga orgánica. El suero, un subproducto del proceso de cuajado de la leche, es un líquido de color verdoso-amarillento con alto contenido de nutrientes y proteínas. Si no es tratado adecuadamente, este subproducto puede resultar altamente contaminante y perjudicial para el medio ambiente (Schmidt et al., 2016).

El vertido directo de lactosuero y otros efluentes lácteos al sistema de alcantarillado, con su alta carga de sólidos suspendidos y disueltos, grasas, aceites, amoníaco, fósforo, nitrógeno y cloruros, impacta negativamente la calidad de las aguas superficiales al elevar los niveles de DBO,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DQO, y SST. Además, los efluentes químicos derivados de la limpieza ineficiente de los implementos de planta afectan los servicios ambientales al contaminar el agua (Silva, 2020).

El manejo adecuado del lactosuero, que representa más de la mitad del volumen inicial de la leche tras el proceso de cuajado, es uno de los desafíos principales en la producción de queso. La sostenibilidad del sector lácteo depende en gran medida de las medidas de mitigación adoptadas por las empresas para gestionar eficientemente estos residuos y efluentes contaminantes (Luque, 2018).

c. Consumo de energía y combustibles

El transporte de materias primas y el procesamiento en la planta también requieren un consumo significativo de combustibles y energía, lo cual contribuye a las emisiones de GEI, especialmente en empresas altamente industrializadas con grandes volúmenes de producción mensual. Los calderos de vapor, que son esenciales en muchos procesos, requieren mantenimiento constante para garantizar la eficiencia del sistema de calefacción. Si los conductos de estos calderos no se encuentran en óptimas condiciones, la transferencia de calor se ralentiza, incrementando el consumo de combustibles (Núñez, 2021).

2.2.6. Estrategias de reducción de la huella de carbono en la industria láctea

a. Reducción de emisiones de la producción agrícola

La mayor proporción de emisiones de (GEI) en el ciclo de vida de un producto proviene de la cadena de suministro (Alcance 3). Para mitigar este impacto, se pueden aplicar prácticas agrícolas regenerativas y tecnologías sostenibles que reduzcan las emisiones de GEI. Esto es posible a través de acuerdos entre la empresa y sus proveedores, promoviendo prácticas productivas más sostenibles y transparentes. Con las medidas adecuadas, es posible reducir el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

impacto ambiental de la cadena de suministro, contribuyendo a la disminución de emisiones (Obando y Hernández, 2024).

Existen también otras alternativas, como el uso de fertilizantes de liberación controlada o inhibidores de procesos microbiológicos del suelo, así como métodos de cultivo y riego innovadores que han demostrado ser efectivos en el corto plazo. Sin embargo, es necesario evaluar estas prácticas, ya que pueden reducir emisiones de ciertos contaminantes mientras generan otros GEI. En el ámbito agroecológico, se promueve la rotación de cultivos y el uso de coberturas vegetales, además del aprovechamiento de residuos de cultivos como alimento para el ganado. La medida más eficaz sigue siendo el secuestro de carbono en el suelo, lo que permite compensar una parte considerable, o incluso la totalidad, de las emisiones de GEI (Aguilera et al., 2020).

b. Gestión de residuos ganaderos

En la fase ganadera, las principales medidas se centran en mitigar las emisiones generadas por la fermentación entérica de los animales y la gestión de sus deyecciones. La prioridad debe ser la salud y el bienestar del ganado, lo cual reduce el uso de antibióticos y el número de animales enfermos o improductivos. Además, se pueden implementar estrategias alimentarias como el uso de piensos alimenticios que reduzcan las emisiones y una combinación óptima de forrajes (Prenafeta y Fernández, 2021)

En términos de infraestructura, se recomienda la instalación de sistemas de impermeabilización que prevengan fugas hacia cuerpos de agua y suelos, así como la optimización en el consumo de energía eléctrica. Asimismo, el uso de cubiertas rígidas o flexibles según la necesidad ayuda a controlar las emisiones hacia la atmósfera. En cuanto a la gestión de deyecciones, los métodos como la separación sólida/líquido, el tratamiento anaeróbico, el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

compostaje y la acidificación son opciones efectivas para minimizar el impacto ambiental (Ruiz-Colmenero et al., 2024).

c. Gestión de residuos o efluentes de la producción láctea

La industria láctea genera residuos como el lactosuero y aguas residuales, que requieren un tratamiento adecuado para mitigar su impacto ambiental. Es fundamental implementar regulaciones, estándares y sistemas de tratamiento que minimicen los residuos sólidos y líquidos provenientes de la producción láctea (Luque, 2018).

Por ejemplo, el lactosuero, un subproducto del proceso de elaboración de queso, puede ser aprovechado en la producción de sopas en polvo o bebidas fermentadas enriquecidas con fibra, aprovechando su alto contenido proteico. Adicionalmente, el tratamiento de estos efluentes puede incluir la producción de biosólidos a través de procesos aeróbicos o anaeróbicos, como el compostaje, una metodología tradicional y efectiva que requiere una inversión económica moderada (Schmidt et al., 2016).

En países europeos, el lactosuero se utiliza en productos alimenticios como jugos y derivados del queso, mientras que en países en desarrollo se destina principalmente como alimento para ganado (García et al., 2018).

d. Apostar por la eficiencia energética en la producción láctea

Las grandes empresas productoras de lácteos, debido a su mayor capacidad económica, tienen un mejor acceso a implementar medidas para reducir el consumo energético. Un ejemplo de ello es el Grupo Lactalis, que, según Corresponsables (2024), ha adoptado estrategias de eficiencia energética orientadas a disminuir su huella de carbono, reducir el consumo de electricidad y la dependencia de combustibles como el diésel. Además, la incorporación de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

energías limpias, como la solar o eólica, no solo reduce el consumo energético, sino también la generación de residuos sólidos asociados a la producción.

Por otro lado, en industrias artesanales también es viable implementar colectores solares térmicos, ya que la mayoría de estas pequeñas empresas utilizan el diésel como principal fuente de energía para la pasteurización de la leche. Esto contribuye a reducir tanto los costos de energía y combustible como las emisiones de GEI (Aguaisa y Valdez, 2024).

Si bien el consumo de combustibles para el transporte representa uno de los aportes más bajos de GEI en toda la cadena de valor, es importante considerar la sustitución del diésel por combustibles más limpios, como el gas natural y el gas licuado de petróleo (GLP), los cuales presentan un menor índice de nocividad ambiental en cuerpos receptores al ser menos tóxicos. Esta recomendación se basa en el Decreto Supremo N° 006-2024-MINAM, que establece los beneficios de optar por energías menos contaminantes en el sector transporte.

2.3. Marco legal

2.3.1. Normativa internacional

En la sección correspondiente al ACV y Huella de carbono se menciona las normativas y requisitos correspondientes. Tales como las normativas internacionales: ISO 14040, ISO 14044, ISO 14064 e ISO 14067.

- El acuerdo de París (2015) establece objetivos a largo plazo que son guía para todas las naciones, en el que se tiene como meta la reducción de emisiones de GEI con el fin de evitar que la temperatura en la superficie global alcance a los 2°C en este siglo, limitando este incremento a 1.5 °C. Por consiguiente, también se pone como meta la revisión los compromisos de cada nación en un periodo de 5 años y la financiación a países en vías de desarrollo que se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

encuentran vulnerables para que puedan fortalecer su resiliencia y capacidad de adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático.

- De acuerdo con el protocolo de Kyoto (1997), el cual es un tratado pionero en la lucha contra el cambio climático, en el que se establecen compromisos para 36 países industrializados de limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El tratado implica una reducción media de las emisiones del 5% en comparación con los niveles de emisión en 1990, con el compromiso de adoptar políticas y medidas de mitigación bajo el principio de responsabilidad común pero diferenciada y capacidades respectivas, además de la obligación de presentar informes periódicos.
- El Parlamento Europeo, mediante el Reglamento (UE) 2018/842, establece el compromiso de reducir las emisiones de GEI en sectores como el transporte, la construcción, la agricultura y la gestión de residuos durante el periodo 2021-2030. Este esfuerzo de los países miembros de la Unión Europea busca cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, que establece una reducción del 40% de las emisiones en comparación con los niveles de 2005.

2.3.2. Normativa local

- Según la Constitución Política del Perú (1993), todo peruano tiene como derecho fundamental la paz, la tranquilidad y el disfrute de un ambiente adecuado para el desarrollo de su vida. Adicionalmente, el Artículo 67 establece la obligación del Estado de promover el uso sostenible de los recursos naturales.
- La Ley N° 28611.- Ley General del Ambiente (2017), establece los principios y normas para la gestión ambiental en nuestro país, buscando el desarrollo económico y social con un enfoque sostenible que asegure el bienestar social, el crecimiento económico y la protección del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras. Esta ley exige la responsabilidad ambiental,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

por la cual quienes generen impactos negativos en el ambiente están obligados a asumir las sanciones correspondientes y a restaurar el daño causado. Además, promueve la educación ambiental, fomentando una mayor conciencia y participación ciudadana en la protección del medio ambiente.

- En la Ley N° 30754.- Ley Marco sobre Cambio Climático, y el D.S. N° 013 – 2019 – MINAM. - Reglamento sobre la Ley Marco sobre Cambio Climático se hace mención a los principios y planteamientos y políticas públicas para la gestión integral inclusiva de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático ya que el fin es el reducir la vulnerabilidad en la que se encuentra en país. Por medio del desarrollo de nuevas oportunidades enfocadas en la disminución de las emisiones de carbono, así como desempeñar un rol activo con respecto a los a los acuerdos internacionales de los cuales Perú forma parte.
- La Ley N° 31804 – Ley de Promoción de la Gestión Sostenible de los Pastos Naturales para el Desarrollo de la Ganadería Nacional (2023). Busca promover la gestión sostenible y recuperación de los pastos naturales los cuales son imprescindibles para la alimentación ganadera y por ende la economía familiar. De las disposiciones mas representativas destacan la recuperación de pastizales degradados, practicas sostenibles de pastoreo, la mejora en la gestión de agua y suelos con una perspectiva de adaptación al cambio climático.
- El D.S. N° 017-2015, que aprueba el Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno (2015), promoviendo la ecoeficiencia y el equilibrio entre la productividad y la protección ambiental. En su artículo 12, establece que toda empresa—grande, mediana o pequeña—es responsable del manejo adecuado de emisiones, efluentes, ruidos y residuos sólidos generados por sus actividades. Para actividades en curso, se exige una

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Declaración de Adecuación Ambiental y un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

- De acuerdo, D.L. N° 1278. Decreto legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2017) y su reglamento aprobado por el D.S. N° 014 – 2017 - MINAM, así como su modificatoria estipulada por el D.S. N° 001 – 2022 – MINAM. Se establece las responsabilidades, derechos y atribuciones de la recuperación de elementos, tratamiento, recuperación de suelos, etc. Y demás actividades que garanticen el manejo de los residuos sólidos, partiendo desde su generación hasta su disposición final.
- El Artículo 75°. - Del manejo integral y prevención en la fuente de la Ley 28611. Indica que el operador de responsable debe de aplicar medidas que minimicen los riesgos y daños ambientales en cada fase de sus actividades. Estas medidas y acciones deben de alinearse con el concepto de ciclo de vida de los productos y servicios que genera conforme a los principios de la ley 228611 y otras normas aplicables.
- La Resolución Directoral Nº 023-2023-INACAL/DN – En la que aprueban la Norma Técnica NTP 105.003:2023 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS entre ellos quesos regionales y el queso paria. Se establecen las condiciones de producción, así como las proporciones de grasa y humedad que deben de cumplir los quesos regionales, en este caso el queso Paria, para poder así garantizar su calidad al consumidor.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

a. Según enfoque

Esta investigación es de tipo cualitativo porque los datos se obtuvieron mediante observación directa, prestando especial atención a los detalles de los procesos y el entorno físico. Esto permitió interpretar el fenómeno de producción del queso tipo paria, abordando el análisis desde lo particular hasta lo general en la interpretación de los hechos (Hernández Sampieri et al., 2016).

b. Según el periodo de estudio

El estudio es transversal, ya que se realizó en un periodo específico y las variables se analizaron en ese mismo lapso de tiempo. Dado su diseño no experimental, las variables no fueron manipuladas (Arias y Covinos, 2021).

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación es de **nivel descriptivo** porque se enfocó en identificar las características y propiedades del sistema estudiado. El objetivo fue recopilar información sobre cada variable de manera independiente, sin analizar cómo estas se relacionan entre sí (Hernández Sampieri et al., 2016).

3.2. Campo de verificación

3.2.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en Flor Andina S.R.L., una empresa con dos locales en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, Puno. El primer local se dedica a las operaciones de producción de queso y el segundo a la maduración y empaque. Las coordenadas de ambos locales,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en el sistema de referencia UTM WGS84 (zona 19S), se presentan en la Tabla 10. Mientras que la Figura 11 muestra su ubicación.

Tabla 10

Coordenadas de ubicación de la planta de producción de queso Flor Andina S.R.L.

Flor Andina 1: Planta de producción		
	Coordenada este (m)	**Coordenada norte (m)**
P1	329083.44	8352847.28
P2	329097.35	8352844.56
P3	329095.02	8352832.60
P4	329080.75	8352835.89
Flor Andina 2: Planta de maduración		
	Coordenada este (m)	**Coordenada norte (m)**
P1	329077.79	8352807.90
P2	329087.67	8352804.97
P3	329082.46	8352784.26
P4	329073.24	8352786.34

Nota. Elaboración propia basada en los puntos de ubicación de las dos plantas operativas de Flor Andina S.R.L.

Con un enfoque de ciclo de vida que incluye tanto el origen de las materias primas como su distribución, la industria láctea obtiene leche de aproximadamente 70 productores ubicados en los distritos de Umachiri, Piruani y Pucará, dentro de su área de influencia directa, a distancias de 20 a 35 km. Además, cuenta con un proveedor de leche de Espinar, a 116 km, el cual abastece semanalmente a la planta.

En cuanto a la distribución, el 80% de la producción se destina a Lima, mientras que el resto se distribuye en Arequipa, Cusco y Tacna mediante transporte diario de los compradores. Las Figura 12 y 13 ilustran estas rutas y mercados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura 11

Mapa de ubicación de Industrias lácteas Flor Andina S.R.L.

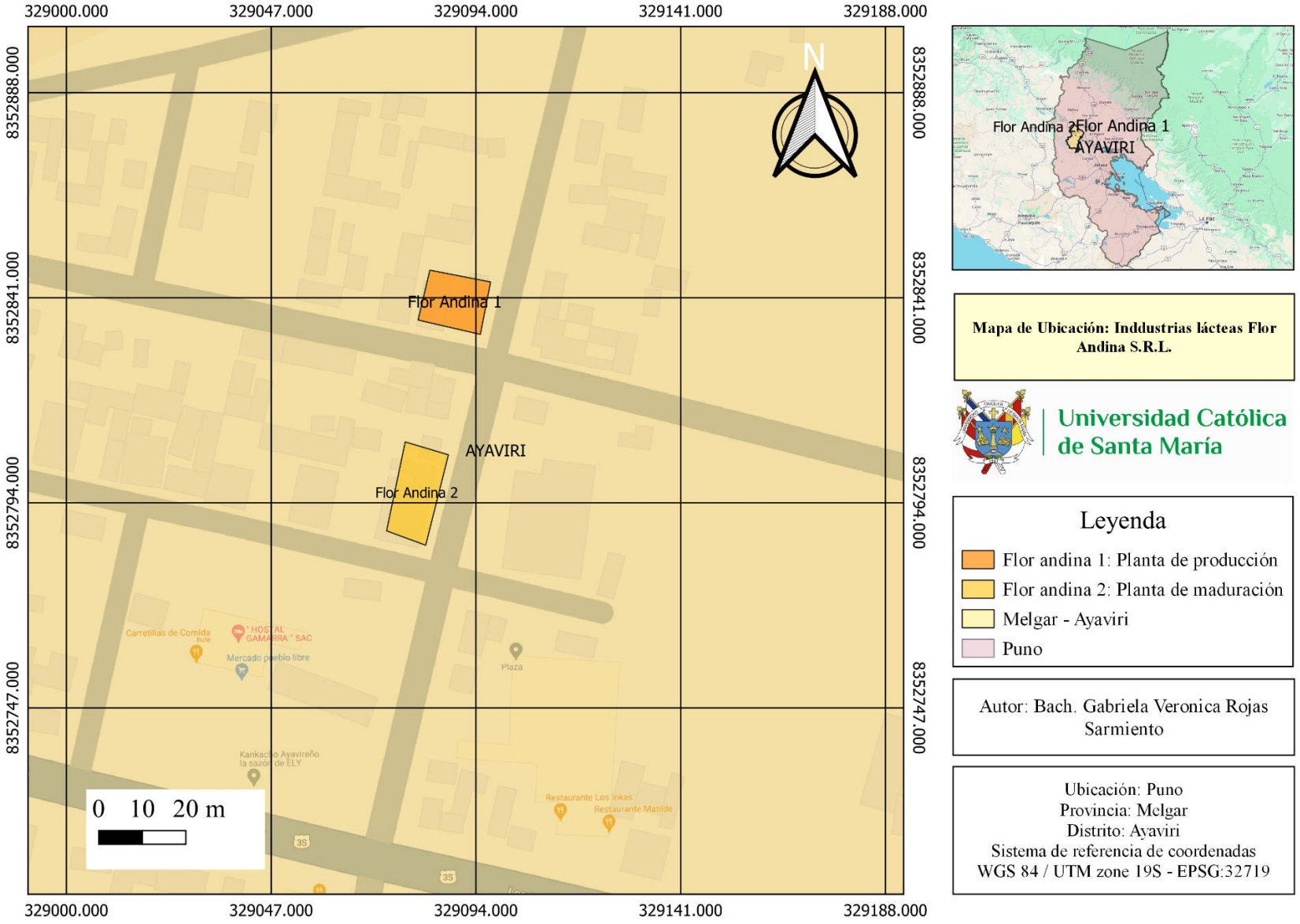


Figura 12

Mapa de ubicación de los distritos donde se realiza el acopio de leche

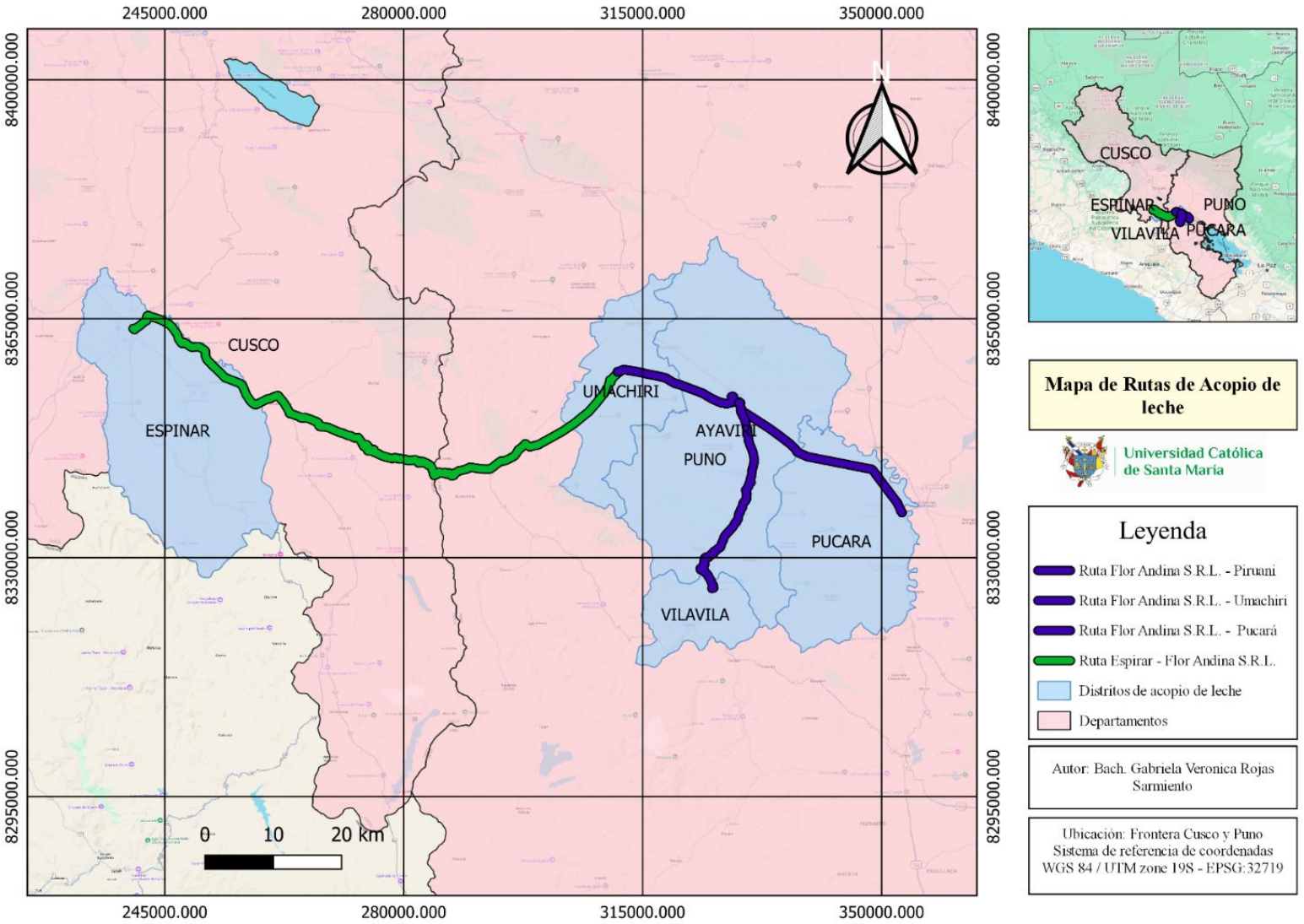
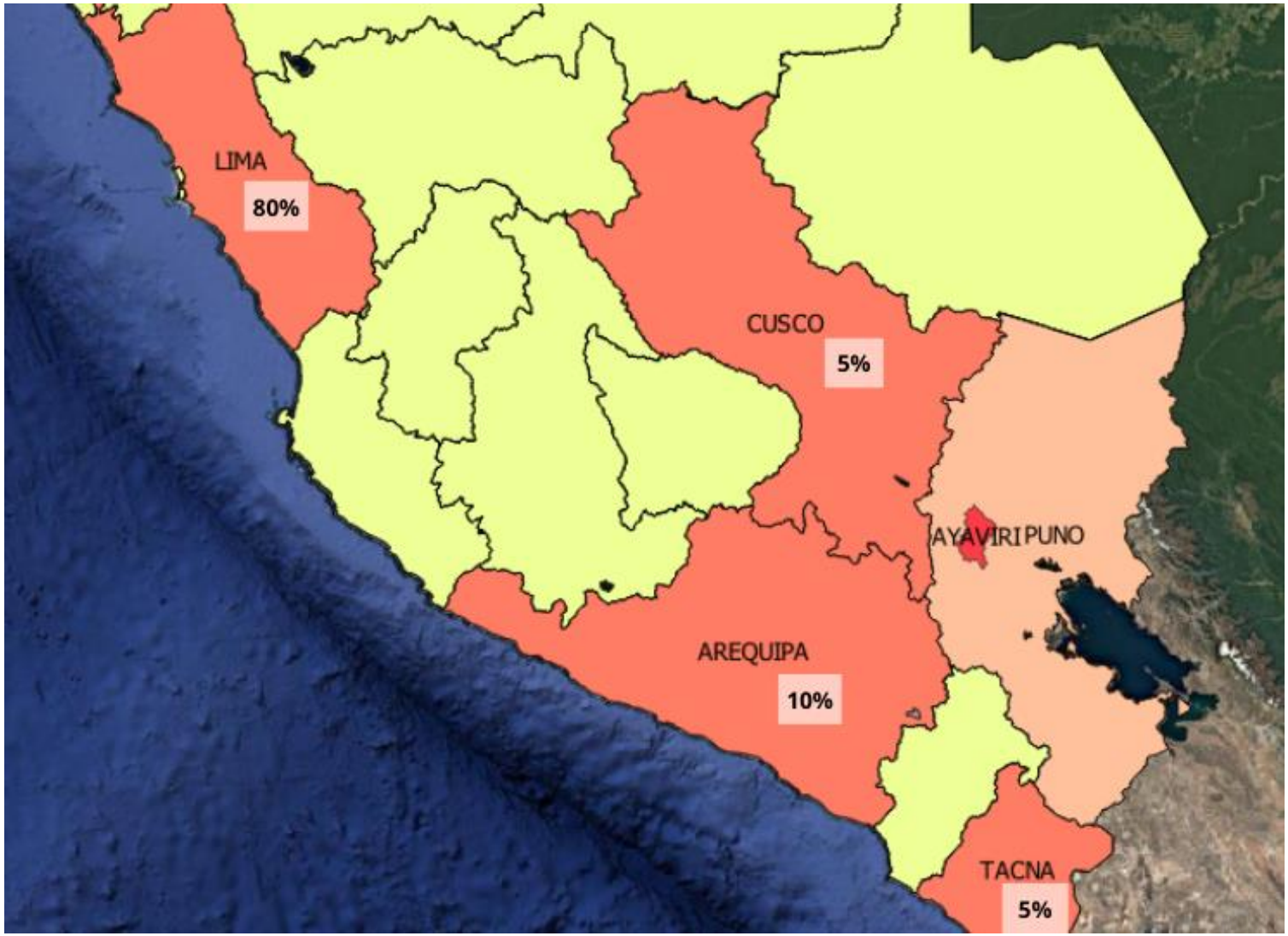


Figura 13

Proporción de la distribución del producto a nivel regional



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.2. Unidad de estudio o muestra

La unidad de análisis considerada en esta investigación fue de un 1 kg de queso tipo paria, mientras que el periodo de producción analizado corresponde al año 2023.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Caracterización técnica y operativa del proceso productivo de queso tipo paria

a. Definición de los objetivos y alcance del estudio

Para el cálculo de la huella de carbono del queso tipo paria, se aplicó la norma ISO 14067:2018, específicamente su apartado 6.3, que establece las directrices para definir objetivos y alcance.

- Fue fundamental definir los objetivos del estudio y las razones que motivan su realización además de a quien está dirigido el estudio.
- El alcance se definió principalmente por los objetivos del estudio, mientras que los límites del sistema, en el caso de esta investigación, se vieron influenciados por la disponibilidad de la información.
- Los límites del sistema se establecieron según el tipo de alcance al que pertenecía cada etapa del proceso productivo.
- La unidad funcional se estableció en base a la utilidad del producto. Así también se indicó el límite temporal de los datos obtenidos dependiendo de la antigüedad de la información.

b. Descripción del proceso de producción

Para realizar una adecuada descripción del proceso de elaboración del queso tipo paria en la empresa Flor Andina S.R.L., fue necesario un análisis in situ, así como entrevistas a los trabajadores de la planta para tener un mejor contexto de los procesos operacionales. Por ello, se realizaron visitas constantes a la planta de lácteos con el fin de obtener información objetiva

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

respecto al contexto de cada etapa de manufactura del queso. Esto, posteriormente, ayudó a especificar el alcance, la unidad funcional y los límites del sistema.

Las visitas se llevaron a cabo 3 días a la semana durante 3 meses del año 2023, en los cuales se participó de primera mano en el proceso de producción del queso tipo paria, además de conocer la organización de la empresa.

Para tener acceso a la información, se envió una solicitud a la Agencia Agraria de Melgar (Anexo 4) puesto que son ellos quienes tienen un mejor registro de las grandes y pequeñas empresas productoras de lácteos en la provincia. Por consiguiente, también se envió una solicitud a la dueña de la empresa Flor Andina S.R.L. (Anexo 4) en el que se le pedía autorización para poder realizar las visitas y poder recopilar la información de los registros de producción de queso y consumo de leche principalmente.

c. Obtención de datos de producción

Los datos se recopilaron mediante registros operacionales, entrevistas al personal y observación directa de los procesos como muestran las Tablas 11 y 12. Entre los principales datos recolectados se encuentran:

- Consumo mensual de leche y producción de queso: Registrados en cuadernos de la planta.
- Consumos de insumos: Cloruro de sodio, cloruro de calcio y cuajo, obtenidos mediante observación directa del proceso puesto que este es repetitivo.
- Consumo de combustible para transporte de leche: Reportes diarios proporcionados por los operadores de transporte, ya que no contaban con recibos ni kilometraje funcional en sus motocicletas.
- Consumo energético: Considerando que la dueña no disponía de todos los recibos de luz, la información de consumo fue suministrada por Electro Puno S.A.C. (Tabla 11 - Anexo 1).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Consumo de agua: No cuantificado directamente debido a la ausencia de medidores por lo que los recibos solo reflejan el costo del servicio más no el consumo en m^3. La planta de lácteos utiliza agua de un pozo tubular para la limpieza de tinas, moldes y la higienización de la zona de producción.
- Información adicional relacionada con la distancia y el transporte externo de materias primas (leche y sal).

Las siguientes tablas muestran la recopilación de información según las fuentes directas e indirectas de emisión:

Tabla 11

Organización para la recolección de información

Fuentes directas de emisiones	
Data primaria	**Fuente**
Consumo de combustibles para la caldera	Operador de la planta
Consumo de agua para la caldera	Registro en recibos de agua
Consumo de energía eléctrica	Registro en recibos de luz
Consumo de cuajo	Proporción de consumo para la producción
Consumo de cloruro de sodio	Proporción de consumo para la producción
Consumo de cloruro de calcio	Proporción de consumo para la producción

Nota. Elaboración propia basada en información recolectada en Flor Andina S.R.L.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 12

Organización para la recolección de información

Fuentes indirectas de emisiones	
Data primaria	**Fuente**
Consumo de leche y producción de queso mensual	Registros de producción de la empresa productora de lácteos Flor Andina S.R.L.
Transporte de materias primas	Operadores de la planta
Consumo de combustible para transporte de la leche	Operadores de la planta
Distancia de transporte de leche y sal	Operadores de la planta
Distancia de distribución del producto de parte de los compradores	Operadores de la planta

Nota. Elaboración propia basada en información recolectada en Flor Andina S.R.L.

d. Procesamiento y análisis de información

Para facilitar el procesamiento de esta información, se emplearon diversas herramientas informáticas, entre las que se incluyen: Microsoft Excel y Word para la organización de la data de consumo de materias primas y producción de queso, la posterior reacción de la presente. Visio para la sistematización de los diagramas del proceso productivo. QGIS y Google Earth se utilizaron para poder identificar la empresa y sus rutas de distribución en el mapa. Estas aplicaciones fueron fundamentales para la organización, análisis y visualización de los datos, permitiendo una comprensión más profunda y detallada del funcionamiento de los procesos productivos en cuestión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.2. Cálculo de las emisiones de CO_2 eq. asociadas a la producción de queso paria

a. Balance de masa

Para un análisis más preciso de los datos obtenidos, la norma ISO 14067:2018 establece la necesidad de realizar un balance de masa, donde se determinan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) utilizando los datos de actividad que incluyen las entradas y salidas del proceso productivo. En este contexto, la información sobre el consumo de materias primas se estandarizó en kilogramos para facilitar el balance de masa. A continuación, se detallan las consideraciones para los **elementos de entrada**:

- **Leche:** Se realizó una conversión de unidades de litros a kilogramos, utilizando una densidad estándar de 1.03 kg/l. La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$Masa\ (kg) = Volumen\ (l) \times Densidad\ (\frac{kg}{l})$$

  De esta manera, se calcularon las cantidades en kilogramos de leche consumidas mensualmente durante el año 2023, tal como se muestra en la Tabla 1 del Anexo 1**.**

- **Insumos:** Las cantidades de cloruro de calcio ($CaCl_2$), cloruro de sodio (NaCl) y cuajo se estimaron de acuerdo con las proporciones establecidas en el diagrama de flujo de la empresa, representado en la Figura 26 y 27. El consumo mensual de estos insumos se detalla en la Tabla 8 del Anexo 1

- **Agua:** En la etapa de pasteurización, la cantidad de agua utilizada fue estimada en función de la capacidad de la caldera de vapor. Para la etapa de lavado, se calculó que el uso de agua representa el 5% del total de leche cruda procesada, aplicando esta proporción (Tablas 7 y 9 del Anexo 1). El agua utilizada para la limpieza de los implementos y el área de producción no pudo ser estimada con precisión debido a que se extrae directamente de un pozo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Productos de limpieza:** El consumo de detergente e hipoclorito de sodio se calculó según el peso de las bolsas y botellas utilizadas semanalmente (Tabla 13 – Anexo 1)
- **Energía y combustibles:** El consumo mensual de energía eléctrica en la planta y el consumo total de petróleo para la generación de vapor se detallan en las Tablas 8 y 9 del Anexo 1, respectivamente.
- **Transporte:** El total de galones de combustible utilizados para el transporte de leche fue reportado por los trabajadores y se presenta en la Tabla 13 (Anexo 1). Además, se consideró la distancia recorrida en kilómetros para el transporte de leche de parte de un productor adicional en Espinar, así como el transporte de sal industrial desde San Juan de Salinas hasta Ayaviri, proporcionada también por un distribuidor de la empresa. Adicionalmente se tomó en cuenta la distancia recorrida para la distribución del producto final a Lima, dado que el 80% de la producción se destina a esa ciudad.
- **Otros materiales:** La compra de moldes y cajas de distribución no se incluyó en el análisis, ya que no se adquieren de manera constante.

Mientras que los **elementos de salida** del proceso productivo fueron los siguientes:

- **Queso tipo paria:** La producción total de queso tipo paria en el año 2023 se calcula como la suma de la producción mensual registrada en la Tabla 2. Además, la Tabla 5 detalla la cantidad de queso producido diariamente, así como la cantidad de litros de leche utilizados por cada unidad de queso (Anexo 1).
- **Suero:** La empresa no contabiliza los litros de suero vertidos al alcantarillado. Sin embargo, teóricamente, el suero corresponde al 65% del total de la leche procesada o a la diferencia entre los kilogramos de leche de entrada y los kilogramos de queso producidos. El primer desuerado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(suero dulce) representaría un aproximado a la mitad de este valor, mientras que el suero salado, emitido en el segundo desuerado, constituye la otra mitad. (Tabla 6 - Anexo 1).

- **Efluentes:** Los efluentes generados durante la limpieza del área de producción no pudieron ser estimados, por lo que se decidió no incluir esta información en el análisis.
- **Residuos sólidos:** Los residuos sólidos generados por las bolsas de sal tampoco fueron considerados debido a su baja contribución a las emisiones de GEI y su nula gestión de parte de la Empresa.

b. Selección y validación de la herramienta de cálculo estandarizado

En la mayoría de investigaciones citadas en los antecedentes, los autores han optado por utilizar el software SimaPro y GaBi, de las herramientas más empleadas y especializadas en el Análisis de Ciclo de Vida de productos o actividades. Sin embargo, su adquisición representa un costo elevado además de previo entrenamiento debido a la complejidad de las múltiples categorías de impacto que permite evaluar.

En la presente investigación, orientada específicamente a la categoría de cambio climático del ACV, se trabajó con el software **Air.e HdC**, desarrollado por Solid Forest, una empresa española de servicios medioambientales. La elección de esta herramienta licenciada se fundamenta en su alineación con estándares internacionales para el ACV y HdC, incluyendo la ISO 14044 (ACV), GHG Protocol (2004), Pas 2050, ISO 14064, ISO 14067 (2018), e ISO 14069 (Solid Forest, s.f.). Con esta alineación normativa se garantiza la transparencia y comparabilidad de los resultados frente a estudios similares. Además, **Air.e HdC** es compatible con bases de datos reconocidas a nivel internacional como ECOINVENT, DEFRA, IPCC, OECC e IDAE, asegurando así el uso de factores de emisión validados y actualizados (Ecoinvent, s.f.). Su interfaz intuitiva permite su aplicación sin necesidad de entrenamiento especializado, lo que facilita su uso en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

investigaciones que buscan alcanzar estándares metodológicos profesionales sin comprometer la rigurosidad técnica.

Figura 14

Software Air.e HdC creado por Solid Forest

Nota. Tomado de *Software para el cálculo de huella de carbono - Air.e HdC,* por Solid Forest, s.f.

c. Configuración del software y sistematización de los datos de entrada para la cuantificación de CO_2 eq. en la producción de queso tipo paria

En primer lugar, fue importante tener en cuenta que para el ingreso de datos de los elementos de entrada al software se consideró el consumo total realizado por la empresa en el año 2023, lo que corresponde a un ciclo de vida del producto. Esta data primaria fue obtenida de los registros de compra e ingreso de leche que tiene cada operador en su cuaderno y en la pizarra en la zona de operaciones (ver Anexo 6).

Estos cálculos ya se realizaron previamente en la sección correspondiente al balance de masa y las tablas con la información del consumo mensual se detallan en el Anexo 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

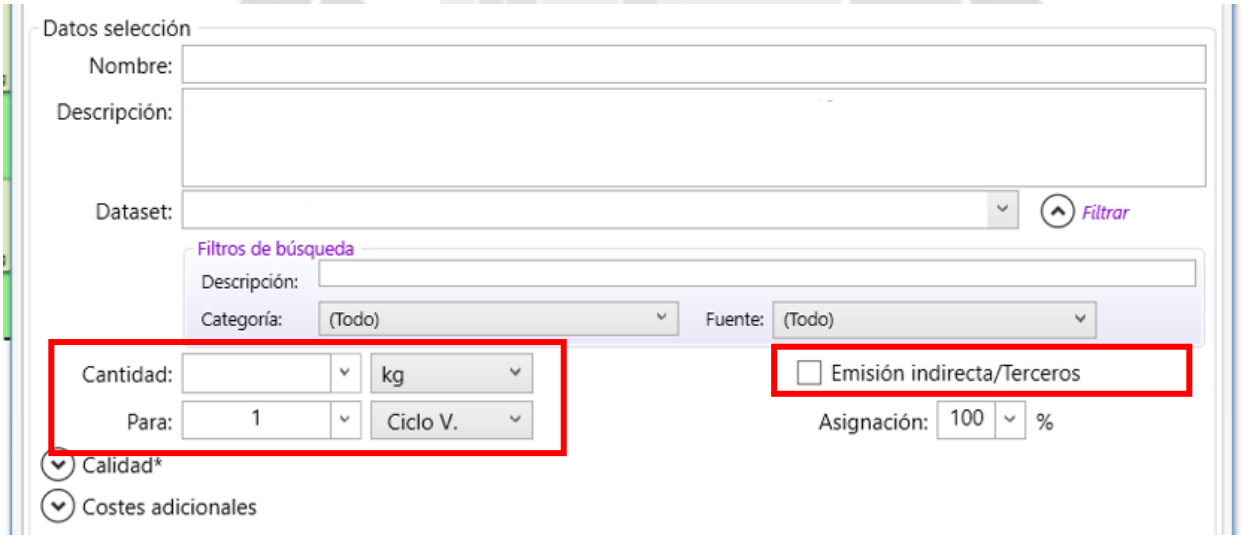
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En ese sentido, al momento de ingresar información relacionada a los consumos también se indicó si eran emisiones indirectas o de terceros, así como el porcentaje de asignación. Por otro lado, la información sobre las entradas y salidas del sistema debía estar organizada de manera que facilitara su ingreso al software. Los cálculos se realizaron en kilogramos mayoritariamente, por lo que las cantidades de leche e insumos para la producción se convirtieron a esta unidad además que de acuerdo con la ISO 14067:2018 y su enfoque de ciclo de vida lo más recomendable es realizar los cálculos en dicha unidad.

El ingreso de datos al software no implicó una gran dificultad además de mantener los datos bien organizados ya que los resultados se obtuvieron directamente al ingresar los datos de consumo.

Figura 15

Sistematización del software Air.e HdC para el ingreso de datos



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Mientras que para el consumo de combustibles para transportes y para la producción de vapor se optó por mantener la unidad a galones y litros aprovechando que el software ofrece esta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

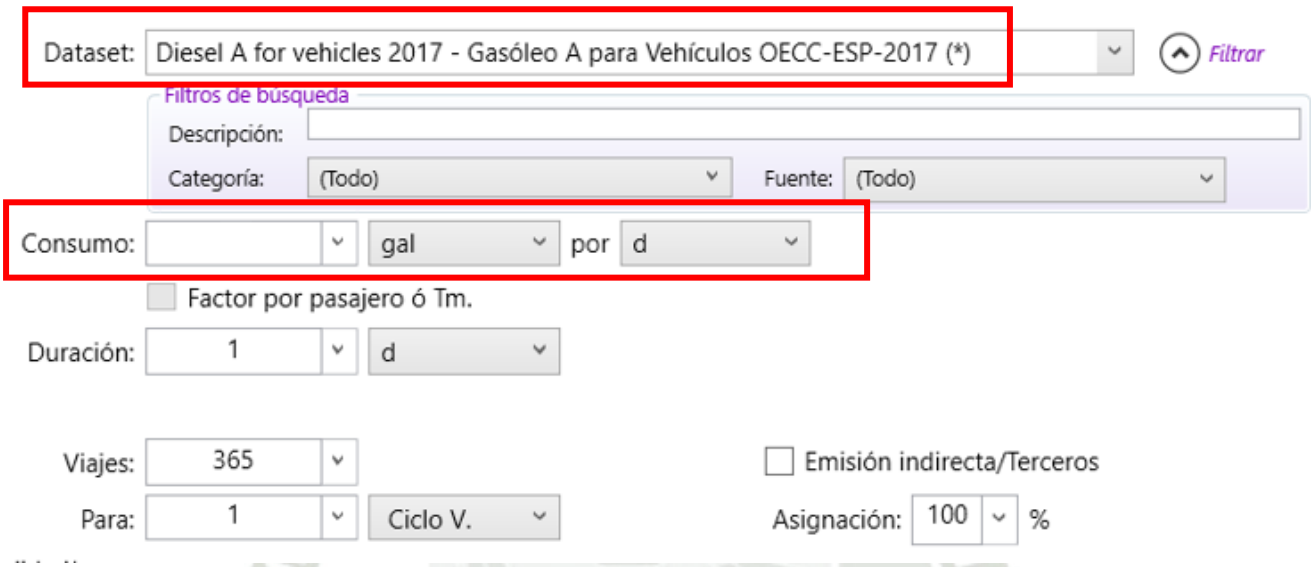
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

facilidad para una mayor precisión en los resultados y evitar el grado de incertidumbre producto de las conversiones de unidades.

Figura 16

Configuración de unidades de entrada para el consumo de combustibles



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Las emisiones por el consumo de combustibles, según la IPCC (2006) pueden ser medidas de dos maneras: con los datos de actividad que incluyen el modelo del vehículo y kilometraje, o por el tipo de combustible y la cantidad de consumo. De todos modos y considerando la disponibilidad de la información, esta última opción fue posible de configurar en el software. Por poner un ejemplo para el transporte de la sal, el transporte de la leche de parte de uno de los productores y la distribución del producto se consideró la distancia en kilómetros para el cálculo de emisiones debido a que son emisiones indirectas de alcance 3.

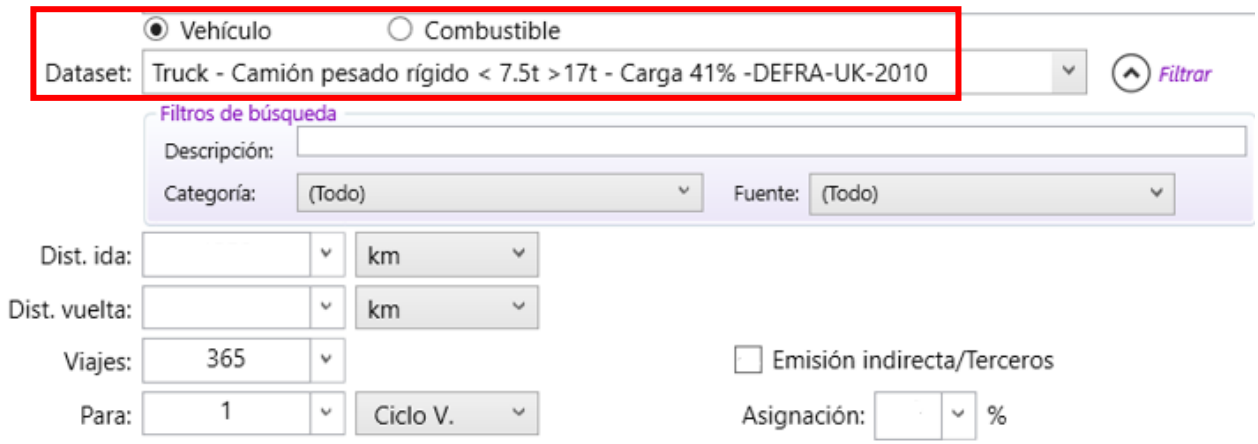
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 17

Configuración del software para km recorridos

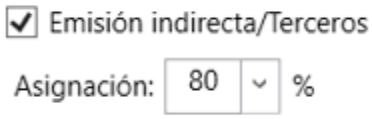


Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Adicionalmente, el software considera que las emisiones se clasifican en directas o indirectas lo que posteriormente permitirá un análisis detallado por medio de gráficas que proporciona el programa. Por ello fue muy importante tener en claro los límites del sistema en el que se especifiquen que etapas del ciclo de vida eran responsables de las emisiones directas o indirectas y a que alcance pertenecían.

Figura 18

Asignación de tipo de emisiones



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

El Anexo 3 muestra la gráfica del sistema además de los datos de entrada debidamente estructurados puesto que de esta manera Air.e HdC procesó la información.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

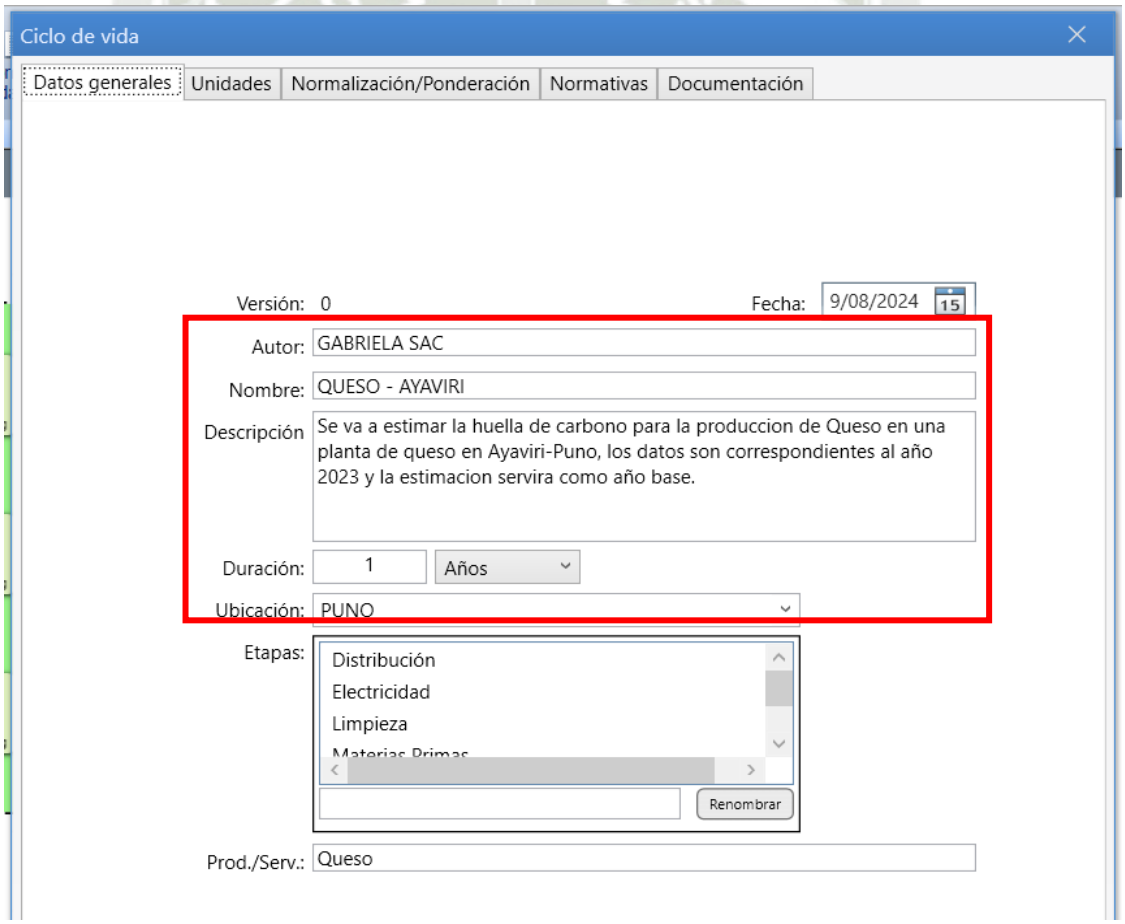
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d. Configuración de los alcances del sistema y parámetros de análisis de la información

Primeramente, se procedió a crear un archivo con el nombre del autor, el producto a analizar, su ubicación y una posterior descripción para el informe de justificación que emitió el software. También se especificaron los elementos de entrada del sistema a analizar, el tiempo que dura el ciclo de vida, y el producto final que en este caso fue el queso.

Figura 19

Creación del archivo de trabajo en Air.e HdC



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

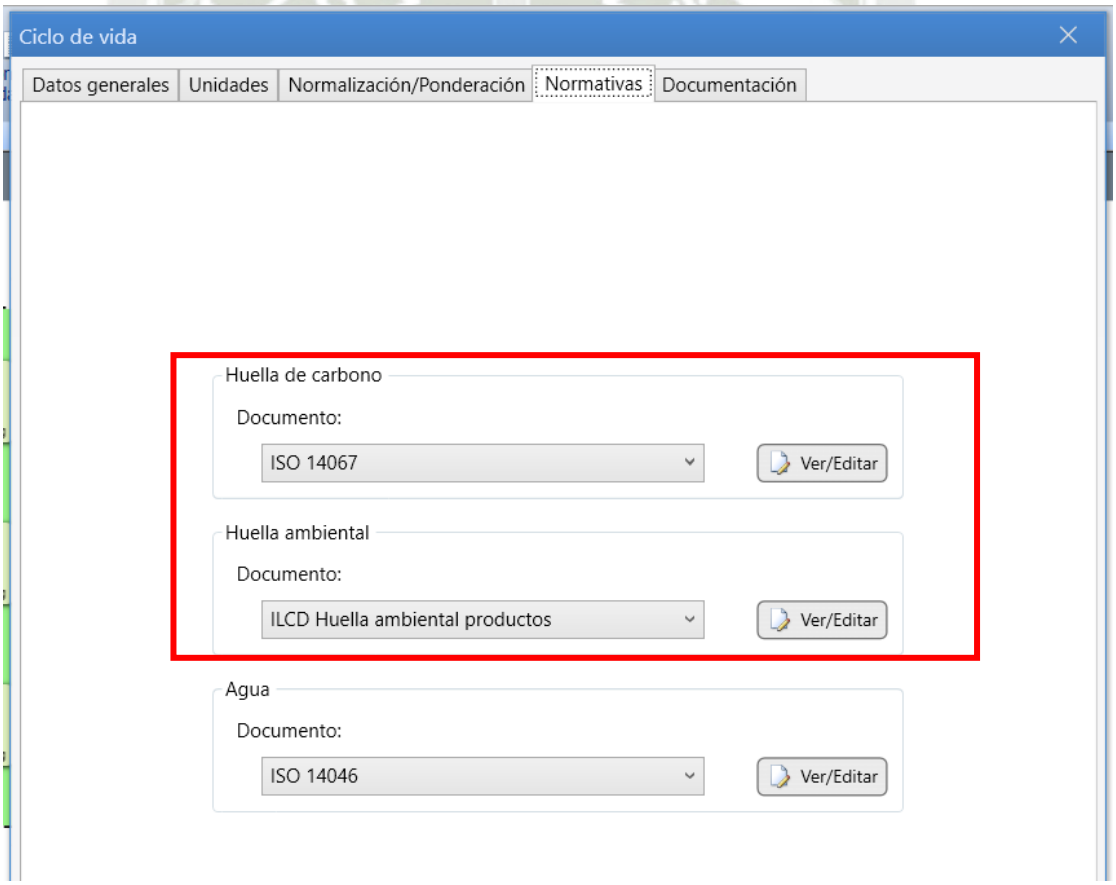
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para la cuantificación de la huella de carbono, Air.e HDC priorizó la elección de la normativa en la que se basaron sus parámetros. En este caso, siguiendo lo establecido en la norma ISO 14067, fue necesario indicar en el software la unidad funcional, el alcance del sistema y el tiempo del ciclo de vida del producto (Gonzales, 2018). Del mismo modo, el software incorpora las directrices para el cálculo de la huella de carbono establecidas por el IPCC en 2006, las cuales también se aplicaron en esta investigación.

Figura 20

Ingreso de la normativa a aplicar en el cálculo de la huella de carbono



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

e. Proceso de cálculo de emisiones y generación de resultados

Una vez que se ingresaron los datos, el software generó automáticamente una gráfica de procesos indicando los gramos de CO_2 eq. y los resultados generales del cálculo. Esta automatización representó una ventaja significativa en comparación con otros programas (Gonzales, 2018). Para garantizar la credibilidad de los resultados, se cargaron al programa los archivos correspondientes a la normativa, hojas de cálculo, imágenes del proceso productivo y otras evidencias. Al completar el proceso de cálculo, se emitió un archivo descargable que correspondía al informe de verificación de las emisiones de carbono equivalente relacionadas con la producción de queso tipo paria.

El software aplicó automáticamente los factores de emisión de la base de datos seleccionada (Ecoinvent, DEFRA, etc.) utilizando la siguiente fórmula, la cual fue estandarizada internacionalmente por el IPCC (2006) para calcular el carbono equivalente:

$$\boldsymbol{Huella\ de\ carbono\ = factor\ de\ emisión\ x\ dato\ de\ actividad}$$

Entre las opciones disponibles, el software permitió la inclusión de valores de CO_2 eq. específicos para la leche de vaca en Ayaviri. Aunque Air.e HDC cuenta con las bases de datos necesarias, en este caso se utilizaron los factores de emisión proporcionados por el IPCC, DEFRA y OECC considerados fundamentales para el cálculo de CO_2 eq. No obstante, para obtener resultados más contextualizados al lugar del estudio, también se optó por aplicar factores de emisión o valores de CO_2 eq. derivados de investigaciones anteriores realizadas en la región de Puno. Esto se basa en que, según la bibliografía, la producción de leche cruda de vaca es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de GEI en la producción de queso (Condori y Fuentes, 2023).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por lo que se consideró el valor de 0.9162 kg CO_2 eq. para la leche corregida con grasa y proteína (LCGP) calculada en el distrito de Ayaviri (Lermo, 2022) indicado en el Anexo 2. Adicionalmente en ese mismo anexo se muestran los factores de emisión empleados y sus respectivas fuentes.

3.3.3. Identificación de los puntos críticos de emisión en el sistema productivo

a. Análisis de los resultados del cálculo de la huella de carbono

Los resultados en kg de CO_2 eq. obtenidos por el software en el documento de verificación fueron analizados a detalle con el fin de identificar los procesos involucrados en la producción del queso tipo paria y desglosar cada etapa del proceso productivo y sus respectivas emisiones de CO_2 equivalente. Sumado a esto se determinó el porcentaje de aporte de los elementos de entrada a la huella total de carbono.

b. Comparación de emisiones

Por medio de diversas gráficas de emisiones por cada proceso fue posible compararlos según su contribución de emisiones de GEI. Se buscó determinar los elementos con mayor influencia en la huella de carbono, como el aporte que tuvieron tanto las emisiones directas como indirectas, el consumo de cada materia prima y la eficiencia en el uso de energía eléctrica.

c. Identificación de procesos críticos y evaluación de factores contribuyentes

Se evaluó de manera individual factores como consumo de energía eléctrica, consumo de materias primas, así como la eficiencia en cada proceso puesto que cada uno de estos elementos característicos tuvo, en cierto grado, influencia en las emisiones de CO_2 eq. Es por ello que se especificaron aquellas etapas del proceso de producción de queso tipo paria que tienen el mayor la mayor influencia y asi también fue posible analizar las causas contribuyentes y las razones del porque podrían ser considerados procesos críticos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.4. Estrategias de mitigación de GEI adaptadas al contexto productivo de Ayaviri

a. Revisión de estrategias para la reducción de emisiones en la industria láctea

Una vez los elementos y procesos críticos de la producción de queso han sido identificados se procedió a hacer una revisión exhaustiva en bibliografía con casos de estudio enfocados en estrategias para reducir las emisiones de carbono en la industria láctea. Se tuvo en cuenta que todas las modificaciones en lo que respecta al sistema operacional en la producción de queso, corresponden a las emisiones directas o, que, en este caso, emisiones de las cuales la empresa tiene el control.

b. Evaluar las oportunidades de mejora en cada proceso crítico de la producción de queso tipo paria

Con los procesos críticos identificados como los que mayor influencia en las emisiones de CO_2 equivalente, se procedió a especificar aquellas oportunidades de mejora en el sistema de producción de leche y operativo, como por ejemplo la mejora en la alimentación de vacunos, manejo de estiércol. En lo que respecta a la operatividad de la planta: Capacitaciones informativas al personal sobre la huella de carbono y mitigación de emisiones, un mejor control en el consumo de agua, consumo en combustibles y manejo de aguas residuales. Así como capacitaciones o charlas de concientización a los productores de leche y proveedores de materias primas.

Así también se evaluó la posibilidad de la mejora en la implementación de cambios en la estructuración de los sistemas operativos que permitan la reducción de emisiones. Aspectos como el manejo y cuantificación de residuos, y evaluaciones constantes de huella de carbono para poder determinar si las medidas de mejora operativa y mitigación de emisiones surten efecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c. Diseño de estrategias de mitigación específicas

Con herramientas que permitan que la producción de queso sea sostenible, así como maneras de mitigar las emisiones de carbono. Ya sea en el cambio de combustibles, implementación de mejoras en el sistema de producción por tecnologías limpias. Mejora en la cadena de suministros entre otros.

d. Propuestas de medición de huella de carbono anuales

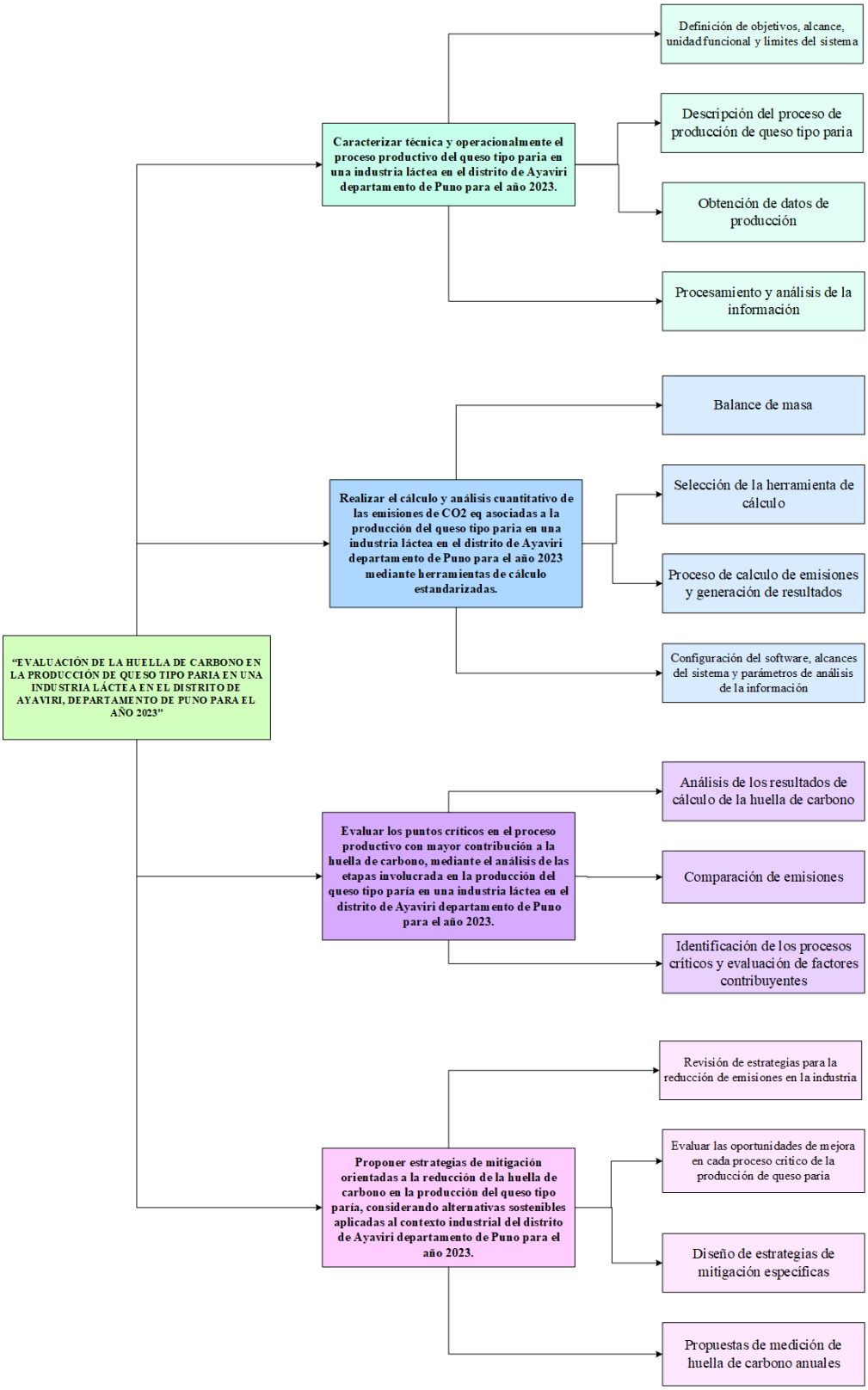
La normativa exige que la medición de la huella de carbono para un producto u organización debe de realizarse de manera anual, si bien es verdad que en la primera medición de HdC puede haber datos e información deficiente, por lo que para las siguientes mediciones la empresa tiene el compromiso de que su información debe de estar regularizada y correctamente registrada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 21

Esquema metodológico



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización técnica y operativa del proceso productivo

4.1.1. Definición de objetivos y alcance

El principal objetivo de esta investigación fue calcular la huella de carbono asociada a la producción de queso tipo paria, con el fin de determinar su contribución potencial al cambio climático. Para ello, se estimó la cantidad de CO_2 equivalente derivadas de la producción de leche, su procesamiento y transformación en queso paria en el distrito de Ayaviri, del departamento de Puno. Este estudio, de carácter descriptivo con fines investigativos e informativos, establece además las bases para futuros estudios de huella de carbono o de Análisis de Ciclo de Vida en otras líneas de producción de queso. Cabe destacar que Ayaviri es uno de los distritos con mayor producción quesera a nivel regional, lo que añade relevancia a la evaluación de su huella ambiental. El alcance definido para la cuantificación de la huella de carbono en la producción de queso paria incluye los siguientes aspectos:

Tabla 13

Elementos base del alcance del sistema

Elementos	Descripción
Función del sistema	La función principal del sistema de producción de queso tipo paria es satisfacer la demanda alimenticia de productos lácteos, siendo un alimento básico en la nutrición humana. Como funciones secundarias, se reutiliza parte del suero dulce como fuente de alimento para el ganado. Adicionalmente, la producción de queso tiene un impacto socioeconómico y cultural en el distrito de Ayaviri.
Unidad funcional o declarada	Se determinó que la unidad funcional es una unidad de queso tipo paria de 1 kg cuyas múltiples funciones incluyen ser

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Elementos	Descripción
	fuente de alimento en sus diversas formas de preparación en los hogares de las regiones donde se distribuye, así como ingrediente para la elaboración de platillos en restaurantes, en la producción panadera, entre otros.
Límites del sistema	De acuerdo con las directrices de la ISO 14067, se incluyeron todas las emisiones y remociones de GEI que forman parte del ciclo de vida del producto, las cuales contribuyen a la huella de carbono. Por lo tanto, se consideraron las siguientes etapas: la producción de leche (empleando un factor de emisión preexistente), el transporte de las materias primas, la transformación de la leche cruda en queso dentro de la planta de lácteos, y la distribución del producto final, que es realizada por los compradores de la empresa. Según los estándares de GHG Protocol (2004), es esencial delimitar los alcances de cada etapa del ciclo de vida del producto. El transporte de leche de parte de los operadores de la empresa, el respectivo consumo de combustibles, y el proceso de transformación de la leche en queso, que incluye el consumo de energía eléctrica y petróleo, se clasifican en los Alcances 1 y 2, ya que estas emisiones dependen directamente de la empresa y del proveedor de servicios, lo que también las califica como emisiones directas e indirectas. Por otro lado, la producción de leche, su transporte de parte de un proveedor, así como la distribución del producto final, son actividades cuyas emisiones indirectas no son controladas por la empresa, por lo que pertenecen al Alcance 3. La Figura 22 detalla lo mencionado

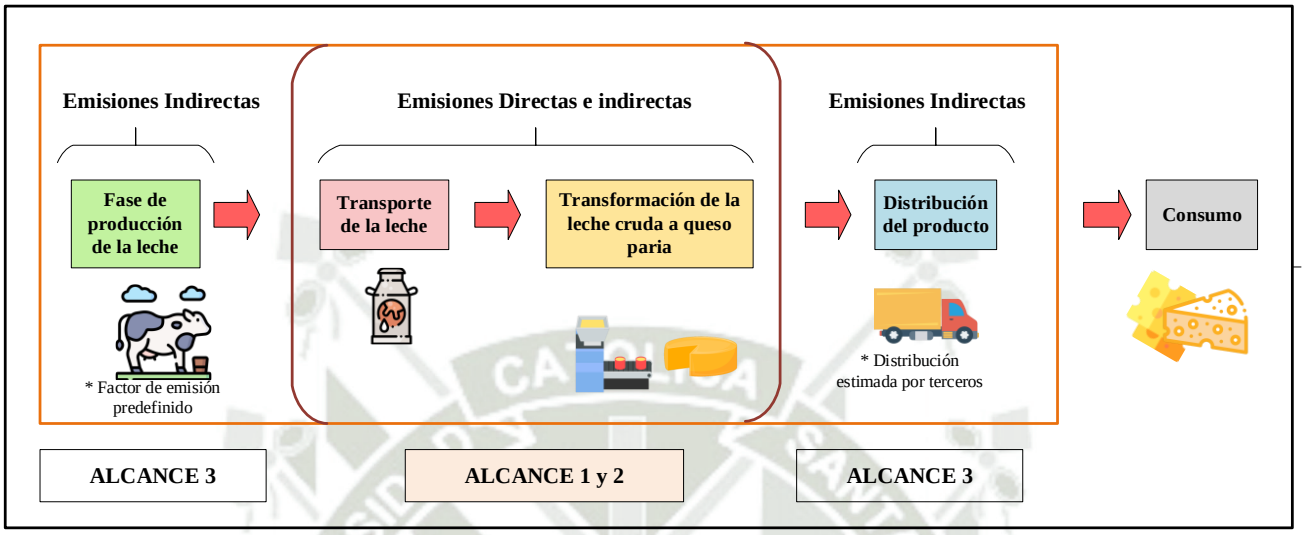
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 22

Límites del sistema de producción de queso tipo paria



La definición del objetivo de esta investigación se alineó con lo establecido por la norma ISO 14067 (2018), al identificar con claridad la finalidad del análisis de huella de carbono del queso tipo paria en Ayaviri, así como su público objetivo. Definir ambos aspectos fue fundamental para la posterior delimitación y evaluación de los alcances del sistema operativo de producción de queso. La cuantificación de las emisiones de GEI en un contexto como lo es Ayaviri cobra relevancia debido a que las actividades ganaderas y producción láctea son de sus actividades económicas predominantes.

Este enfoque metodológico coincide con lo aplicado por Gonzáles (2018), quien también aplicó la ISO 14067 como base para la evaluación de huella de carbono de productos lácteos en Casconza. Por su parte, Zea (2021) adoptó la ISO 14064 (2020) enfocada en un análisis organizacional de huella de carbono para tres productos lácteos, incluido el queso, resaltado la diferencia entre ambos enfoques normativos. Tanto Gonzales como Zea establecieron como unidad funcional 1kg de queso, reforzando su pertinencia como medida estándar para un producto de consumo versátil como lo es el queso. Este criterio también fue adoptado por Condori y Fuentes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

(2023), fortaleciendo la comparabilidad entre estudios y la validez de los resultados obtenidos en esta investigación.

La delimitación de los límites del sistema de producción del queso tipo paria se estableció siguiendo los lineamientos del GHG Protocol (2004), particularmente en cuanto a la clasificación de las emisiones en alcances 1, 2 y 3. No obstante, este estudio adoptó un enfoque integral conforme a la norma ISO 14067, incorporando la totalidad de las emisiones a lo largo del ciclo de vida del producto (cradle to grave). Este enfoque permitió no solo una evaluación completa de los impactos, sino también una diferenciación entre aquellas emisiones bajo responsabilidad directa de la empresa y aquellas de carácter indirecto, lo cual resultó clave para proponer estrategias de mitigación puntuales. Gonzales (2018) sostiene que en el cálculo de la huella de carbono es imprescindible incluir tanto emisiones directas como indirectas, criterio que también fue adoptado en la presente investigación. En contraste, Condori (2023) aplicó un enfoque cradle to gate, contabilizando únicamente las emisiones de alcance 1 generadas en las fases de producción de forraje, etapa ganadera y procesamiento, sin considerar la distribución. De manera similar, Laca et al. (2020) y Suni (2018) utilizaron el mismo enfoque, aunque difirieron en la metodología de cuantificación: los primeros emplearon el software SimaPro, mientras que la segunda realizó el cálculo manualmente, Similar a Condori (2023). En el presente estudio se optó por incluir además la etapa de distribución hasta el destino comercial más representativo (Lima), con base en una estimación general de distancia. Aunque esta etapa no es directamente atribuible a las operaciones de la empresa, su incorporación permitió una evaluación más completa del impacto del producto a lo largo de su ciclo de vida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.2. Descripción del proceso de producción de queso tipo paria

Debido al consumo de combustibles, se consideró el transporte de la materia prima desde 70 establos proveedores ubicados en Piruani, Pucará y Umachiri hacia la planta de producción de queso, ubicada en la entrada del distrito de Ayaviri.

a. Elementos de entrada para la producción de queso paría

- Al llegar la leche cruda a la planta de lácteos, el proceso de producción comienza con su recepción, seguida de la respectiva evaluación de calidad. El densímetro debe registrar valores entre 1028 y 1034 g/ml, mientras que la acidez debe estar entre 14 y 19° Dornic. No se realiza la prueba de alcohol.
- La leche cruda es descargada de los tanques de almacenamiento y filtrada mediante una tela sobre la superficie de 5 tinas con una capacidad total de 1,080 litros cada una. Este filtrado elimina impurezas como restos de paja y polvo.
- La etapa de pasteurización es crucial debido al alto consumo de combustibles y energía eléctrica. A través de una bomba eléctrica, el agua (extraída del pozo que es almacenada en el tanque) alimenta la caldera, cuyo quemador, que utiliza petróleo como combustible, genera vapor a 70 bar de presión y temperaturas de hasta 290 °C. Por otro lado, el estimado en consumo de agua para el caldero es de 900 litros diarios teniendo en cuenta que no realizan revisiones constantes a la caldera por lo que no se sabe de su capacidad inicial al comenzar el día.
- Este vapor circula por las tinas mediante una manguera metálica, elevando la temperatura de la leche a 65 °C, lo cual es ideal para eliminar bacterias y otros patógenos sin comprometer las características del queso paria.
- Durante el acondicionamiento, se agregan insumos clave: se añaden 15 gramos de cuajo por cada 1,080 litros de leche y 20 gramos de cloruro de calcio por cada 100 ml de leche.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Posteriormente, se vuelve a aplicar vapor para formar la cuajada, que luego se corta para separar el requesón del suero.

- El lavado de la cuajada se realiza añadiendo 50 litros de agua calentada a 37 °C a cada una de las 5 tinas. Esta agua proviene de un pozo tubular y se calienta con vapor de la caldera.
- Antes del segundo desuerado, se disuelve sal en el suero dulce emitido en el primer desuerado. Por lo general, la proporción de sal aplicada al queso tipo paria varía entre 2% y 3% del volumen inicial de 1,080 litros. La sal utilizada proviene de San Juan de Salinas, un distrito ubicado a 77 km de Ayaviri.
- Durante el proceso de oreado o maduración del queso paria, se emplean ventiladores que funcionan durante 6 horas. La temperatura recomendada y aplicada para la maduración del queso es de entre 12 y 14 °C.
- Para el empaquetado, se utilizan papel y cajas de polipropileno, que se compran en Ayaviri. Las cajas no se desechan, ya que los compradores las devuelven después de la distribución.
- El consumo de agua para la limpieza de las mallas de filtración, moldes, tinas y demás implementos de la planta proviene de un pozo tubular. Además, se utiliza detergente en polvo e hipoclorito de sodio para garantizar la higiene de la planta y el área de producción.

b. Elementos de salida en la producción de queso paría

- Los residuos resultantes del filtrado de la leche son el primer subproducto del proceso. La tela del filtro se lava con detergente y agua, y estos efluentes, junto con las impurezas de la leche, se descargan directamente al desagüe sin tratamiento previo.
- Las emisiones de vapor generadas durante la pasteurización también se consideran un elemento de salida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- La fase de desuerado I y II es la que más genera suero. En el primer desuerado, denominado como suero dulce, se descarga hasta el 30% de la capacidad de la tina al desagüe sin tratamiento. Parte del suero dulce es vendido a productores lácteos, mientras que unos 60 litros se recirculan para el proceso de salado. En el segundo desuerado, después de mezclar la sal con el requesón, se descarga el 35% restante del suero salado.
- Durante la etapa de moldeado y pre-prensado, una pequeña proporción de requesón y suero salado se filtra debido a la prensadora, y al igual que en el desuerado, se descargan sin tratamiento. El requesón es retenido por las trampas en el piso de la sala de operaciones.
- También se generan residuos menores, como envolturas de papel, bolsas de plástico, sacos de sal y cloruro de calcio, envolturas del cuajo y moldes de PVC. Estos moldes también se adquieren en Ayaviri y su compra es poco frecuente debido a durabilidad.
- Finalmente, el agua residual utilizada para la limpieza de la zona de operaciones y los implementos de la planta se descarga directamente al desagüe.

Figura 23
Descargo de la leche en las tinas

Las Figuras 23, 24 y 25 muestran las etapas del proceso productivo del queso descrito anteriormente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 24

Batido de la cuajada

Figura 25

Etapas de pre prensado y moldeado

La **Figura 26** explica el proceso productivo del queso paria, mientras que la **Figura 27** detalla las entradas y salidas del sistema, así como los alcances que fueron base para el balance de masa.

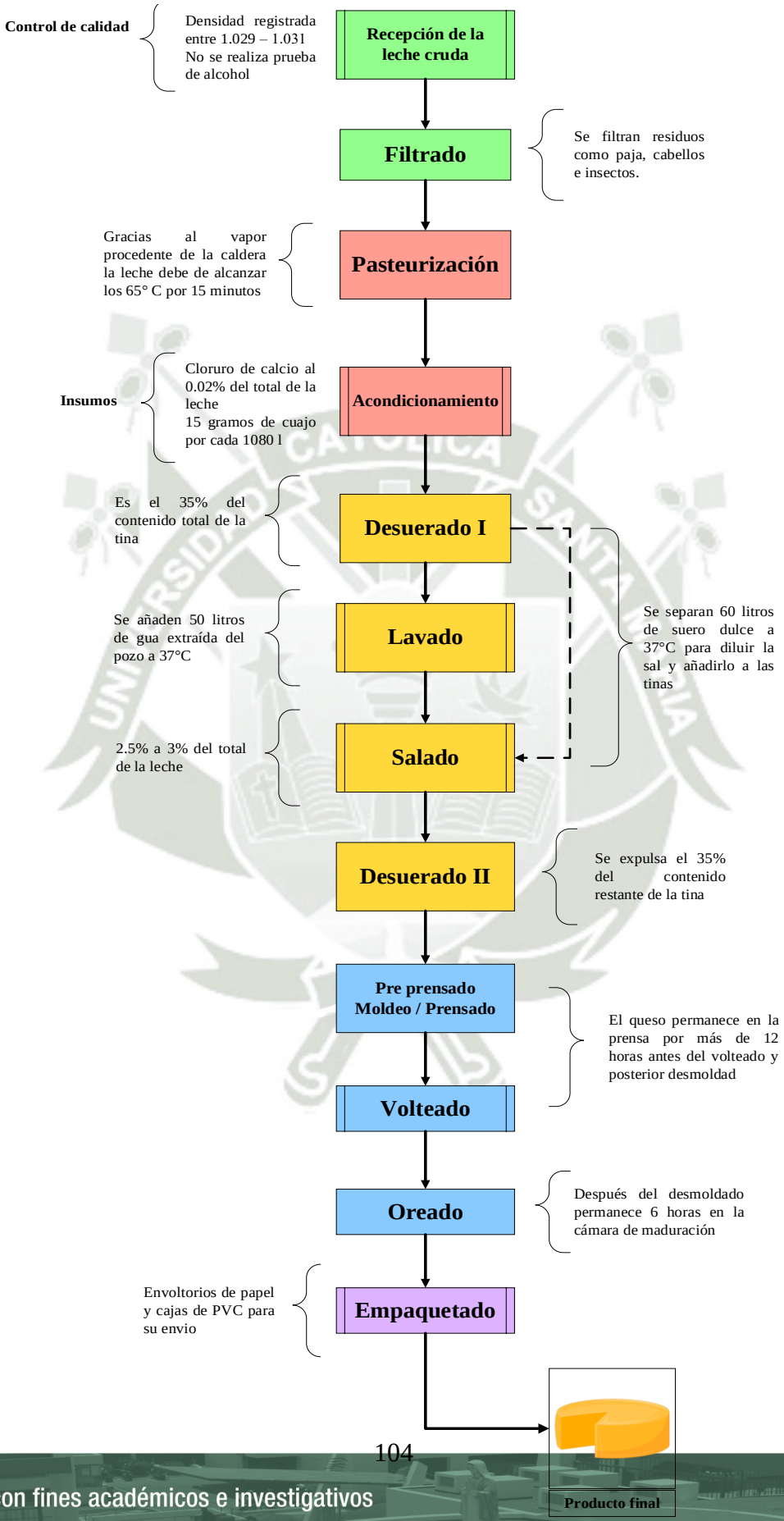
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA ... ARÍA

Figura 26

Diagrama de flujo de la producción de queso tipo paria en la empresa Flor Andina S.R.L.



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 27

Diagrama de entradas y salidas del proceso productivo de queso tipo paria

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La **Tabla 14** presenta una comparación de distintas plantas de producción de queso en estudios anteriores y el presente trabajo. Se evidencian diferencias notables en cuanto a infraestructura, tecnologías empleadas, disponibilidad de recursos y enfoque metodológico, factores que afectan directamente la huella de carbono del producto final.

- ***Acceso a agua y riesgos sanitarios asociados***

Un aspecto crítico observado en varios estudios es la disponibilidad y calidad del agua utilizada en el proceso productivo. Mientras investigaciones como las de Laca et al. (2020) y Gosalvitr et al. (2019) reportan el uso de agua potable tratada, estudios realizados en Perú, incluyendo este, evidencian una realidad distinta. Por ejemplo, Condori y Fuentes (2023) en la planta de Taraco, Suni (2018) y la presente investigación reportan que el agua utilizada proviene de pozos o manantiales, sin tratamiento previo y sin sistemas de medición.

Este aspecto tiene implicancias tanto en la inocuidad alimentaria como en el desempeño ambiental. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), el consumo de agua no tratada puede incrementar los riesgos de padecer enfermedades por contaminación microbiológica, entre ellos la presencia de *Escherichia coli*. Además, el Comité de Salud Ambiental y de Enfermedades Infecciosas (2009) advierte sobre la alta probabilidad de encontrar microorganismos patógenos en fuentes subterráneas sin tratamiento. Por lo tanto, esta limitación representa una desventaja tanto sanitaria como operativa en la producción artesanal de queso.

- ***Tecnología e intensidad energética***

Las diferencias tecnológicas también son significativas. En Iray, Zea (2021), describe el uso de un sistema de tubos artesanales de calentamiento de agua mediante energía solar, lo que reduce la dependencia de combustibles fósiles para esta tarea, pero también utilizan cocinas artesanales para calentar la leche lo que conlleva a que el consumo de combustibles está orientado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

para una diferente actividad. En contraste, Suni (2018) documenta un sistema más mecanizado, con prensadoras eléctricas, compresoras y cámaras de almacenamiento, lo cual incrementa la demanda energética y, por consiguiente, las emisiones de GEI.

En el caso de Flor Andina S.R.L., se observa una configuración intermedia. Se cuenta con un caldero a vapor, ventiladores y un sistema de bombeo, cuya energía es registrada mediante un único medidor eléctrico, lo cual permite una mejor trazabilidad de emisiones en la etapa de procesamiento. Esta medición centralizada contribuye a una cuantificación más precisa en el cálculo de la huella de carbono, algo que no se detalla en estudios previos.

- ***Capacidad operativa y eficiencia en emisiones***

La capacidad de procesamiento también difiere significativamente entre plantas. Mientras que en Ayaviri se procesan entre 6000 a 8000 litros diarios de leche, en Iray y Chuquibamba no se supera los 1500 litros (Suni, 2018; Zea, 2021). Pese a manejar volúmenes mayores, los resultados de esta investigación muestran que las emisiones por kilogramo de queso producido son menores, lo que podría indicar un mayor grado de eficiencia energética y operativa.

Asimismo, Gosalvitr et al. (2019) reportan una planta industrializada con una capacidad de hasta 150 toneladas de queso cheddar por día y uso de biogás como fuente energética, lo que representa un modelo altamente eficiente en términos ambientales. No obstante, estos modelos resultan inalcanzables para la producción artesanal en regiones rurales del Perú, donde la infraestructura y tecnología son limitadas.

- ***Importancia de la descripción del proceso productivo***

Este estudio incluyó una descripción detallada del proceso productivo como se muestra en la Figura 23 así como el diagrama de entradas y salidas por etapa además de indicar los alcances al cual cada entrada o salida pertenecía (Figura 24). Esta información fue fundamental para

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

identificar previamente las fases de mayor consumo energético, determinar las emisiones asociadas y posteriormente proponer medidas de mitigación específicas. En comparación, varios estudios revisados proporcionan un nivel de detalle somero, lo que limita la capacidad de evaluar impactos en cada fase del ciclo de vida del producto.

- ***Limitantes para la obtención de datos primarios***

En este estudio se identificaron limitaciones en la recopilación de información primaria. La planta registra la compra de leche y la producción de queso únicamente en cuadernos físicos, sin digitalización, lo que dificultó el procesamiento de datos. Asimismo, los consumos de combustibles para transporte y caldera no cuentan con registros sistemáticos, y los kilometrajes resultaron poco confiables debido al mal estado de los marcadores.

Respecto a los productores de leche, se decidió no levantar información directa, ya que al tratarse de 70 proveedores ubicados en zonas dispersas y con mucha reserva a brindar datos, lo que impedía obtener información homogénea y representativa. Por ello, el análisis se limitó a la data disponible en la planta.

En el caso del transporte, la falta de datos específicos obligó a emplear un método alternativo basado en el tipo y la cantidad de combustible consumido. Si bien esta aproximación permitió calcular las emisiones asociadas, los resultados deben interpretarse con cautela, dado que las limitaciones metodológicas pueden influir en su nivel de representatividad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Tabla 14

Comparativa de aspectos base en la producción de queso tipo paria entre varios autores

Autores Plantas de producción de queso	Ubicación	Tipo de Producción	Capacidad de tratamiento de materia prima	Consumo de recursos	Tecnología y tipo de combustible empleados	Enfoque del estudio / normativa aplicada
Condori y Fuentes (2023)	Ácora, Platería, Huata, Taraco (Puno)	Plantas de producción artesanal	Hasta 10 mil litros diarios de leche	Agua potable y agua extraía del pozo	Calderos a vapor, GLP, petróleo, leña. Prensador manual.	(Cradle to gate) / IPCC 2006, PAS 2050 GHG Protocol
Zea (2021)	Iray (Arequipa)	Planta de producción artesanal	500 litros diarios de leche	No especifica	Calentadores de agua solares artesanales, consumo de gas	Cradle to gate / ISO 14064
Laca et al. (2020)	Asturias (España)	Planta de producción artesanal	No especifica	Agua potabilizada	Consumo de Electricidad en el procesamiento y maduración	Cradle to grave/ ISO 14040, 14044

Autores Plantas de producción de queso	Ubicación	Tipo de Producción	Capacidad de tratamiento de materia prima	Consumo de recursos	Tecnología y tipo de combustible empleados	Enfoque del estudio / normativa aplicada
Gosalvitr et al. (2019)	Reino Unido	Planta Industrial	No especifica	Agua potabilizada	Biogás a base de lactosuero. Empacadoras y refrigerantes	Cradle to grave/ ISO 14040, 14044
Gonzales (2018)	Casconza (Arequipa)	Planta de producción artesanal	900 a 1000 litros diarios de leche	Agua manantial	Compresoras, bombas eléctricas	Cradle to gate / ISO 14067
Suni (2018)	Chuquibamba (Arequipa)	Planta de producción artesanal	800 a 1100 litros diarios de leche	Agua extraída del pozo	Compresoras, Bombas de agua cámara de almacena-miento y prensador eléctrico. Quemador de aceite	Cradle to gate / ISO 14067
Esta investigación (2025)	Ayaviri (Puno)	Planta de producción artesanal	6 mil a 8 mil litros diarios de leche	Agua extraída del pozo	Caldero a vapor y ventiladores, petróleo, prensador manual	Cradle to grave / ISO 14067/

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2. Cálculo de las emisiones de CO_2 eq. por kilogramo de queso paria

4.2.1. Balance de masa

El balance de entradas y salidas relacionado con la producción de queso paria, presentado en la Tabla 15, se desarrolló considerando los datos de consumo registrados por la empresa durante el año 2023. El flujo de referencia corresponde a las 324,472 unidades de queso paria producidas en dicho periodo.

En primer lugar, se determinó el consumo de leche cruda en kilogramos, especificando su origen: productores de Ayaviri y Espinar. Asimismo, se incluyeron las cantidades de insumos como cloruro de sodio, cloruro de calcio y cuajo, junto con sus lugares de adquisición (San Juan de Salinas y Ayaviri, respectivamente). Si bien el agua no es considerada una materia prima, su consumo fue estimado en función de la capacidad de la caldera. Sin embargo, no fue posible cuantificar los remanentes de agua en la caldera tras cada jornada. Por otro lado, el agua utilizada para el lavado de los quesos fue calculada conforme a las proporciones establecidas en la guía de producción de quesos. Cabe mencionar que toda agua utilizada en las actividades operativas es extraída de un pozo, lo cual no implica una carga ambiental directa.

Con respecto a la energía, el consumo de combustible para el transporte de la leche fue de 2,555 galones anuales, considerando un promedio de 7 galones diarios. Por su parte, el consumo de petróleo para la caldera fue de 4 380 litros anuales, empleándose 12 litros por jornada de 6 horas. La energía necesaria para operar la caldera proviene de un motor conectado a la red eléctrica general de la planta, con un consumo total anual de 2 383 kWh, según los registros de Electro Puno S.A.C. (Anexo 1 - Tabla 11).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Otros insumos de entrada incluyen 54 litros anuales de lejía y 36 kilogramos de detergente. Aunque el agua para limpieza también es extraída del pozo, no se pudo estimar con precisión el volumen utilizado en estas actividades.

En cuanto a las salidas, las 324 472 unidades de queso paria representan el principal producto cuantificable. Además, se generaron 2 096 028 kilogramos de suero (dulce y salado), estimados en función de la proporción descartada durante la coagulación de la leche. Finalmente, no se logró cuantificar el volumen de agua residual proveniente de la limpieza de implementos y tinas en las zonas de operación.

La compra de cajas para el empaque y el papel con el que se envuelve el queso no fueron considerados en esta tabla puesto que no son compras que se realizan de manera constante. Las cajas son devueltas por los distribuidores y los moldes de PVC son de larga duración por lo que su reemplazo tampoco es frecuente.

Tabla 15

Balance de entradas y salidas en la producción de queso paria

Flujo de referencia: 324 472 unidades de queso paria producidos en el año 2023			
Elementos	**Cantidad**	**Unidad**	**Fuente**
Entrada de materias primas			
Leche cruda	2 420 500	kg	Productores lácteos de Ayaviri/ Espinar
Cloruro de sodio/sal	70 500	kg	San Juan de Salinas
Cloruro de calcio	470	kg	San Juan de Salinas
Cuajo	33	kg	Comprado en Ayaviri
Agua para el caldero a vapor	328 500	l	Agua extraída de pozo tubular/agua subterránea
Agua para la fase de lavado	117 500	l	Agua extraída de pozo tubular/agua subterránea

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entrada de energía			
Combustibles para el transporte de leche a la planta	2555	gal	Compra de combustible por galones en Ayaviri. No cuentan con boleta de compra de combustible
Combustible para el caldero a vapor	4 380	l	Compra de combustible por galones en Ayaviri.
Energía eléctrica general de la planta	2985.25	kW. h	Consumo adicional de los ventiladores y Electro Puno S.A.C.
Entrada de otros insumos			
Lejía	54	l	Comprado en Ayaviri
Detergente	36	kg	Comprado en Ayaviri
Agua para la limpieza	No cuantificable	-	Agua extraída de pozo tubular/agua subterránea
Salidas			
Queso tipo paria	324 472	unidades	Producto final
Suero total (dulce y salado)	2 096 028	kg	Producto del desuerado
Agua residual	No cuantificable	l	Producto de la limpieza de las tinas, telas de filtros, moldes, y demás implementos

De forma sintetizada y complementaria, la Tabla 16 muestra un balance cerrado en entradas y salidas de insumos para la producción de queso tipo paria. El total de entradas para la producción 2023 fue de 2 609 003 kg incluyendo pesos de los insumos como sal y cloruro de calcio y del agua empleada para el lavado. Mientras que las salidas fueron de 2 538 000 kg, incluyendo el peso del suero calculado de acuerdo al peso del queso producido y la leche de entrada, y el mismo peso del agua utilizada para el lavado de 117 500 kg. Las pérdidas de 71 003 kg, lo que equivale al 2.72% en pérdidas durante el proceso producción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 16

Balance de masa cerrado de la producción de queso tipo paria

Concepto	Masa (kg)	Fuente
Entradas		
Leche cruda	2 420 500	Piruani, Umachiri, Pucará y Espinar
Sal (NaCl)	70 500	Proveedor de Salinas
Cloruro de Calcio ($CaCl_2$)	470	Proveedor de Salinas
Cuajo	33	Ayaviri
Agua para el lavado	117 500	Agua extraída de pozo
Total, de entradas: 2 609 003 kg		
Salidas		
Queso tipo paria	324 472	Producto final
Suero dulce y salado	2 096 028	Diferencia de masas totales de leche y queso
Agua del lavado	117 500	Mezclada con el suero
Total, de salidas: 2 538 000 kg		
Pérdidas por evaporación, adherencia, manipulación: 71 003 kg = 2.72%		

Como se muestra en la Tabla 16, las pérdidas en el proceso productivo de queso tipo paria representan el 2.72 %, valor que se encuentra dentro del rango típico de pérdidas en plantas de lácteos. Estas pueden deberse a múltiples factores, como la adherencia de la leche a las paredes de las tinas, derrames durante el vaciado de bidones, o la pérdida de requesón en la etapa de preprensado. Según Kumar (2023), en instalaciones artesanales, las pérdidas oscilan entre el 0.4 % y el 5 %, rango atribuido principalmente a deficiencias en el control operativo y de calidad.

Por otro lado, la Tabla 17 muestra una comparación del consumo de leche, combustibles y energía eléctrica para la producción de 1 kg de queso, así como la generación de suero, frente a otras investigaciones. En este estudio, se utilizaron 7.46 kg de leche cruda por cada kg de queso

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

producido, siendo el consumo más bajo entre los estudios analizados. Este rendimiento supera al de Santos et al. (2017) (7.74 kg) y es considerablemente más eficiente que el reportado por Suni (2018), quien registró 11.54 kg.

La producción de suero también fue menor: en la planta de Ayaviri se generaron solo 6.46 kg de suero por kg de queso, en contraste con los 8.46 kg reportados por Santos et al. (2017) y los 7.75 kg de Canellada et al. (2019). Si bien se trata de variedades de queso diferentes, este rendimiento podría explicarse en la composición de la leche utilizada, posiblemente más rica en grasa y caseína, y por un proceso de cuajado y corte más preciso. Según Furtado y Brasil (2017), estos factores contribuyen a reducir la pérdida de suero y a retener la humedad, mejorando así el peso y la textura del queso final. Por su incidencia en la huella de carbono, el punto 4.3.3. detalla en este aspecto.

Respecto al consumo de combustibles, la comparación con estudios internacionales es limitada por las diferencias en unidades y configuraciones de software. Aun así, se observa que Santos et al. (2017) emplean calderas a base de combustibles fósiles, lo que incrementa su huella. En contraste, Canellada et al. (2019) usa pellets de madera, una alternativa más sostenible, pero, según los mismos autores, menos eficiente que tecnologías como paneles solares. De hecho, Santos recomienda migrar a pellets, y Canellada reconoce las limitaciones de su sistema.

En términos de consumo energético, la planta de Ayaviri presenta el valor más bajo: 1.23 $\times 10^{-3}$ kWh/kg de queso, frente a los 2.91 kWh/kg de Canellada et al. (2019), el valor más alto. Este dato destaca aún más si se considera que Ayaviri tiene la mayor producción anual. El consumo energético se concentra en la caldera a vapor, cuyas bombas y ventiladores operan seis horas diarias durante todo el año. En comparación, Suni (2018) registra mayor consumo al contar con equipos eléctricos adicionales como una prensadora y cámaras de almacenamiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, en cuanto al consumo de agua, se observa una carencia general de datos en los estudios nacionales. Ni Suni (2018) ni la presente investigación incluyeron mediciones precisas, ya que se emplea agua extraída directamente del pozo. En cambio, estudios internacionales como el de Santos et al. (2017) sí contabilizan este recurso, reconociendo su importancia en procesos de producción y limpieza. Tanto Santos et al. (2017) como Canellada et al. (2019) advierten que una gestión inadecuada del recurso hídrico no solo representa un riesgo operativo, sino también un impacto ambiental significativo, especialmente en escenarios de escasez o sobreexplotación.

Tabla 17

Comparación del rendimiento productivo entre investigaciones

Autor	Santos et al. (2017) - Brasil	Canellada et al. (2019) - España	Suni (2018) - Chuquibamba	Esta investigación (2025) -Ayaviri
Producción anual	66 188.85 kg	4 770 kg	31 539 kg	324 472 kg
Leche cruda	7.74 kg	9.63 kg	11.54 kg	7.46 kg
Suero	8.46 kg	7.75 kg	No determinado	6.46 kg
Combustibles	492.83 kg km	154.04 kg km	Dato en consumo de aceite	Dato en consumo de diésel
Electricidad	0.510 kWh	2.91 kWh	0.08 kWh	1.23 x10 $^{-3}$ kWh
Queso	**1 kg**	**1kg**	**1kg**	**1 kg**

4.2.2. Aplicación de la herramienta de cálculo estandarizada: Air.e HdC

En el software se abrió un nuevo archivo, (ver Figura 28) en el cual aparecieron registrados los datos del autor de los cálculos, así como de la ubicación del lugar del estudio y la normativa aplicada en el estudio de huella de carbono.

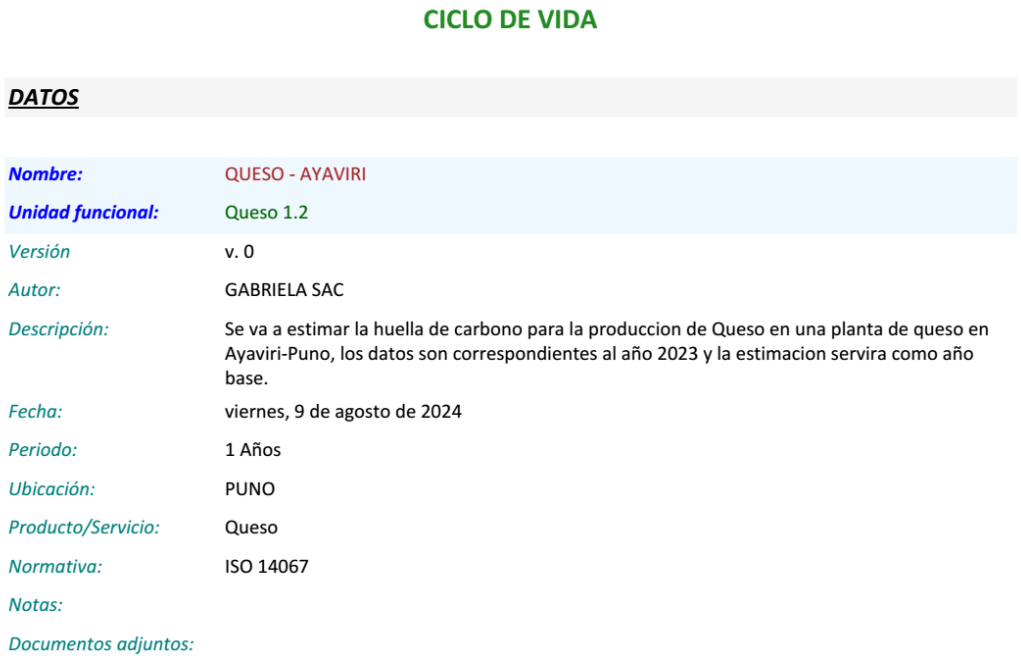
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 28

Creación del archivo en el software Air.e HdC



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Los datos de consumo por cada insumo o combustible mostrados en la Tabla 15 se ingresaron en el software y de esta manera se obtuvieron los gramos correspondientes de CO_2 eq. por cada uno de estos elementos.

a. Ingreso de datos y resultados de data de consumo de materias primas

La Figura 29 muestra el ingreso de 2 420 500 kg de leche con respecto a las 324 472 unidades producidas de queso paria en un ciclo de vida correspondiente al año 2023. La leche se consideró como una emisión indirecta puesto que la empresa no posee control de las emisiones en la producción de leche en los establos. El factor de emisión utilizado fue el de 0.9162 kg CO_2 eq. para LCGP determinado por Lermo (2022), Anexo 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

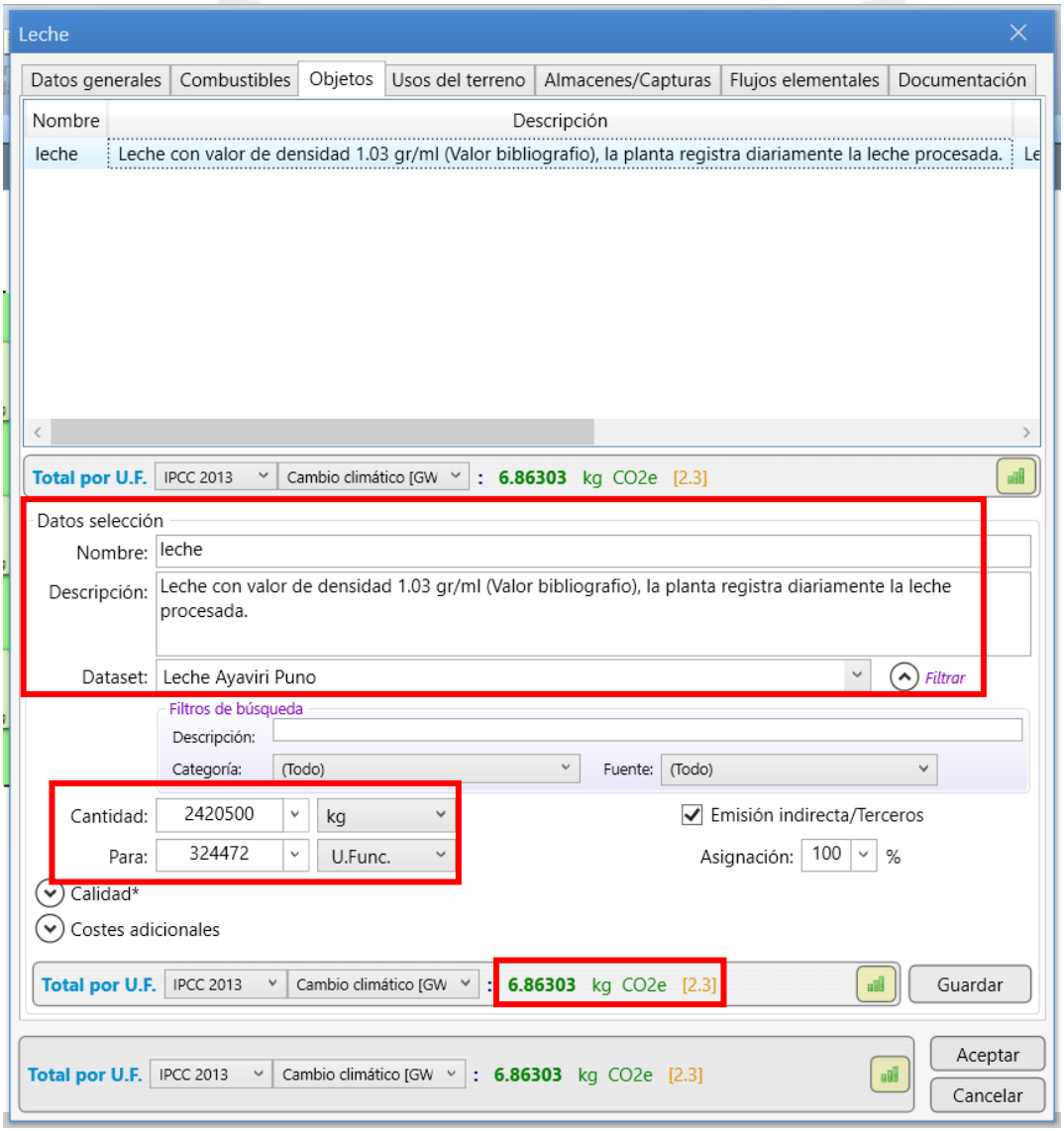
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El resultado general es de 2 226 860 kg CO_2 eq. por el flujo total de producción. No obstante, el software muestra los resultados directamente por unidad de queso producido por lo que las emisiones fueron de 6.86303 kg CO_2 eq. respectivamente.

Figura 29

Ingreso de datos de consumo de leche cruda



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

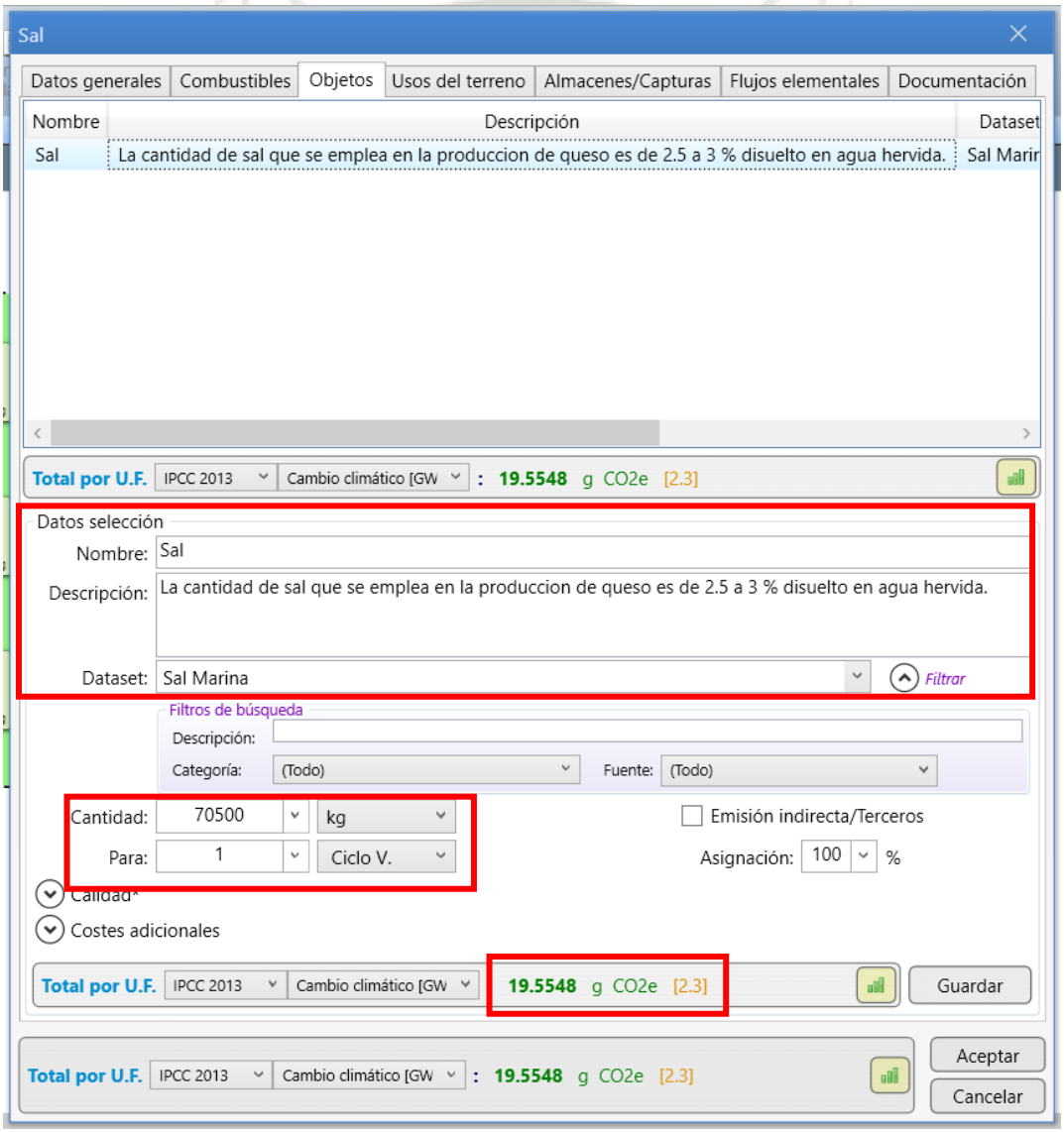
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De la misma manera, como muestra la Figura 30 se aplicó con el ingreso de información para el consumo de sal. De los 70 500 kg de sal utilizados durante todo un ciclo de vida las emisiones resultantes fueron de 19.5548 g de CO_2 eq. para un 1kg de queso paria.

El factor de emisión utilizado fue de 0.09 kg (Anexo 2). Aplicado por Bravo (2016). El total de emisiones por 324 472 unidades de queso fue de: 6345 kg de CO_2 eq.

Figura 30

Ingreso de datos de consumo de sal



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

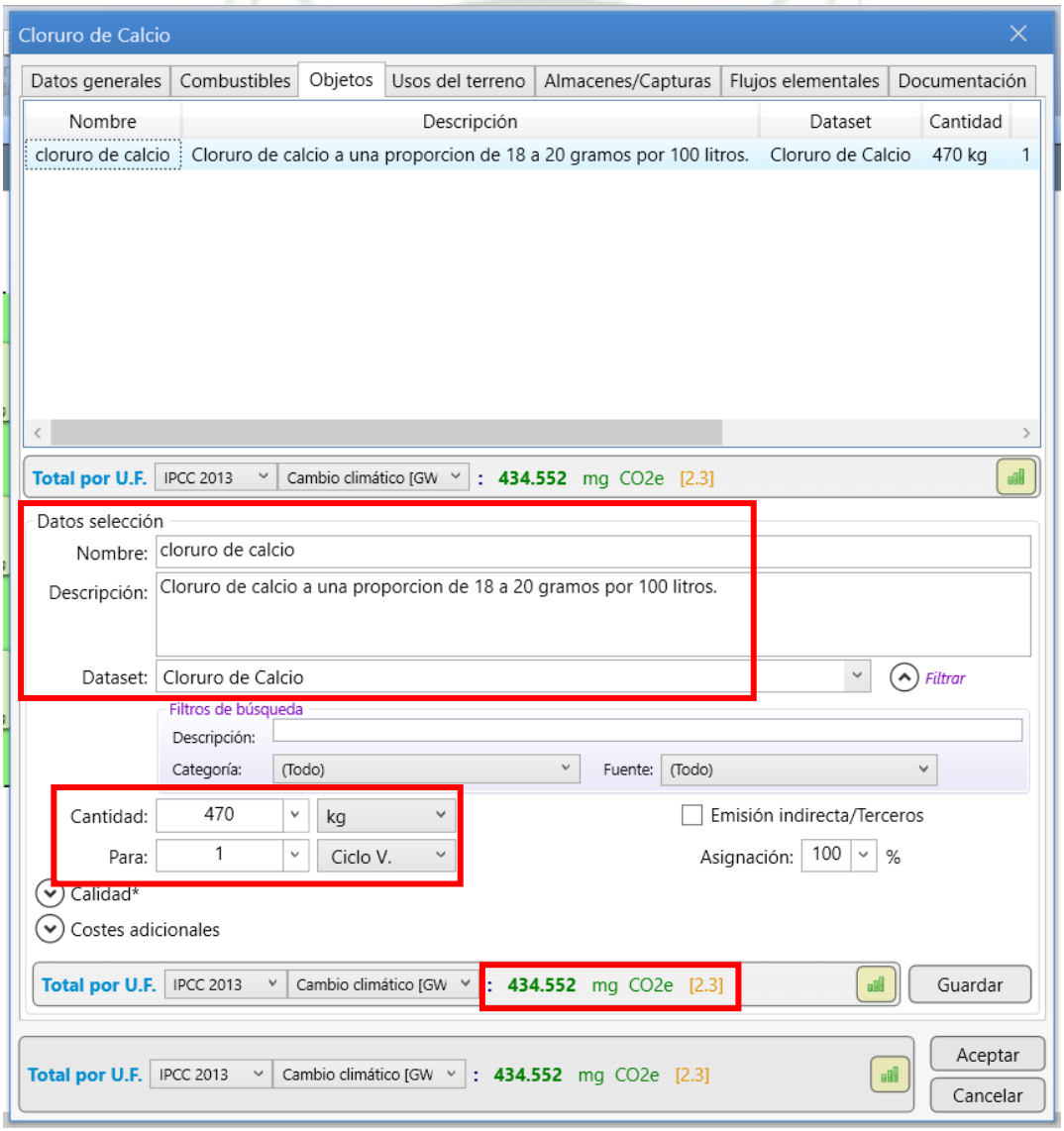
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La Figura 31 en este caso, indica el ingreso de los 470 kg de cloruro de calcio consumidos en un ciclo de vida para la totalidad de queso producida, siendo las emisiones totales de 141 kg CO_2 eq. usando 0.3 como factor de emisión, valor aplicado por Condori (2023), Suni (2018), y Bravo (2016). Sin embargo, las emisiones de CO_2 equivalentes para una sola unidad de queso fueron solo de 434. 552 mg de CO_2 eq.

Figura 31

Ingreso de información del consumo de cloruro de calcio



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El consumo de cuajo no fue considerado debido a que su consumo fue poco significativo además de que el software no ofrecía un factor de emisión especifico. Del mismo modo no se contabilizó el agua utilizada en la etapa de lavado, producción de vapor y limpieza ya que al provenir del pozo no se le adjudica un factor de emisión por su tratamiento.

b. Ingreso de datos y resultados de data de consumo de combustibles y transporte

El transporte de la leche de parte de los trabajadores de la planta es un tipo de emisión directa por lo que se ingresó el consumo de los 7 galones (1 galón por cada medio de transporte) por cada día del ciclo de vida. La Figura 32 apunta que la selección para el cálculo de emisiones de CO_2 fue por el tipo y cantidad de combustible en vez del kilometraje y tipo de vehículo debido a la avería que presentaba el kilometraje de sus motocicletas y que tampoco contaban con revisiones técnicas formales en sus vehículos.

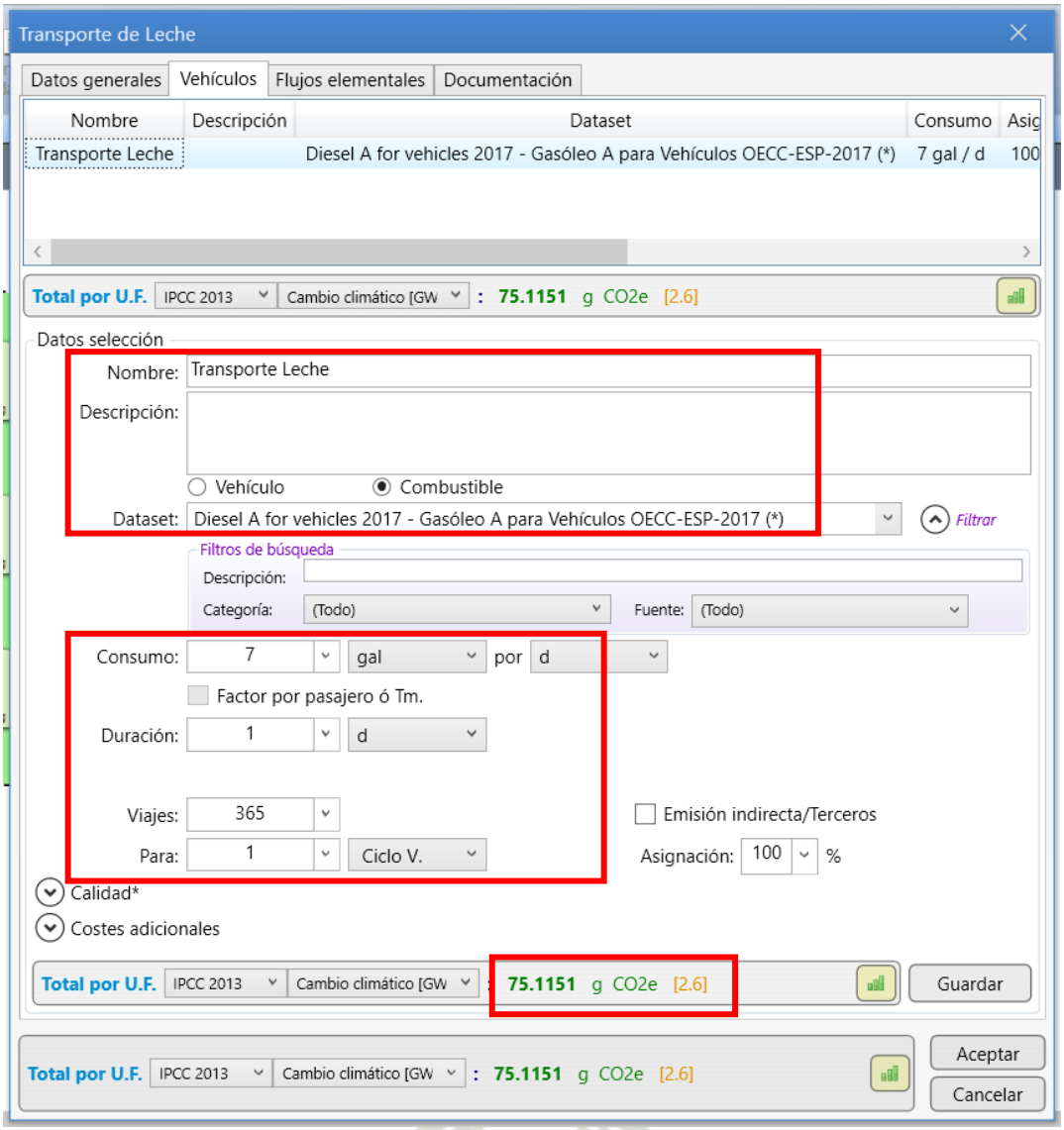
De la base de datos de Air.e HdC se consideró el factor de emisión de 2.52 g./l puesto que si se aplicaban los factores de emisión propuestos por la IPCC (2006) para combustibles, la unidad en la que estos valores se encontraban era de kg/TJ por lo que la conversión a galones implicaba un incremento en el grado de incertidumbre, alterando la credibilidad y precisión en los resultados. Teniendo esto en cuenta, el resultado de las emisiones de parte del consumo de diésel para vehículos fue de 75.1151 g CO_2 eq.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 32

Ingreso de consumo de combustibles para transporte de la leche



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Por otro lado, la Figura 33 muestra un caso diferente puesto que las emisiones producto del trasporte de materias primas son producidas por terceros. Uno de los mayores proveedores, con una producción de 2000 litros de leche, de la empresa se ubica en Espinar, a 116 km de Ayaviri. Ellos traen la leche 4 veces a la semana en un camión genérico por lo que al momento de ingresar

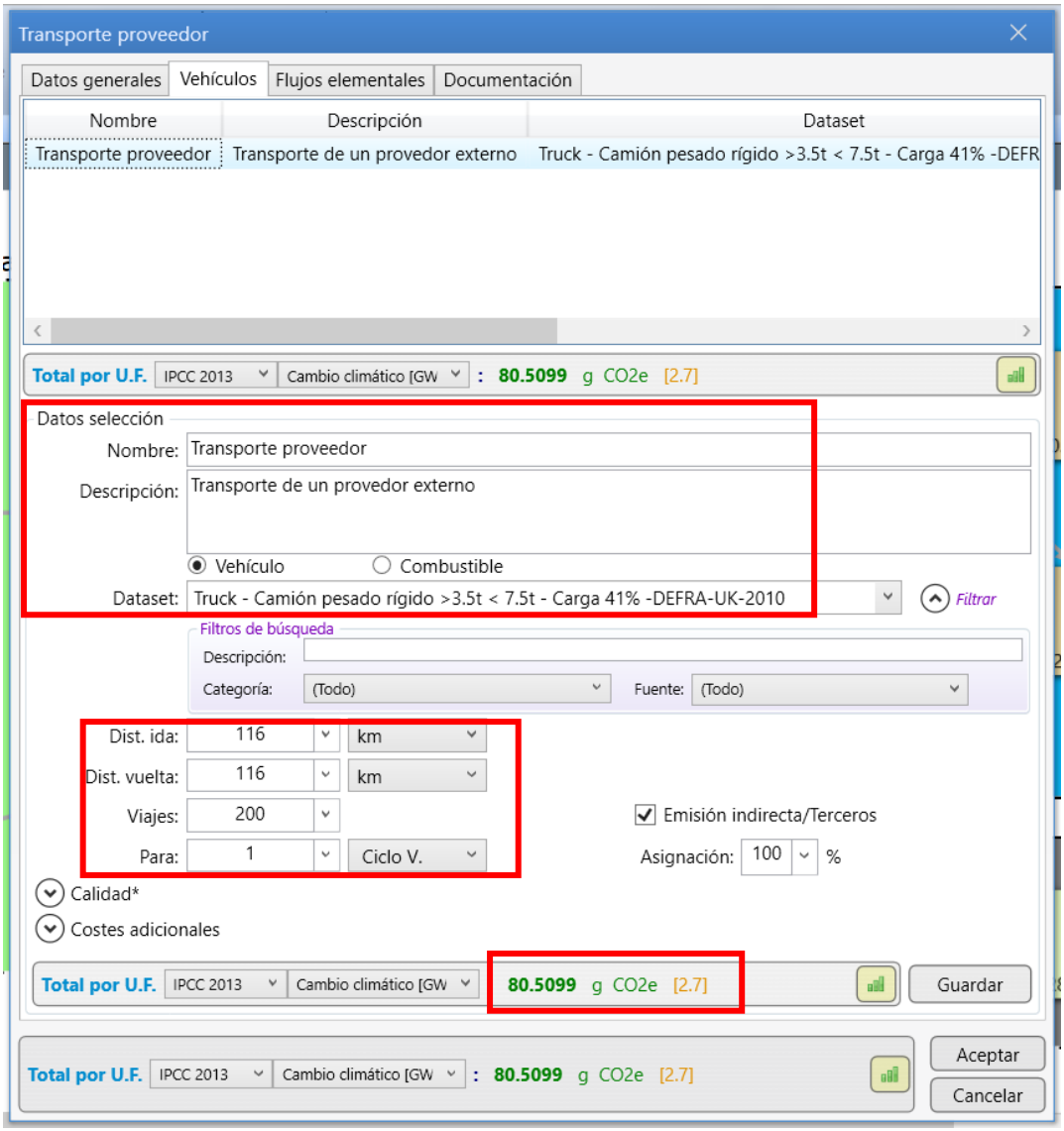
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

los datos en el software se consideraron 200 viajes por un ciclo de vida anual, por lo que el resultado en las emisiones producto de esta actividad fueron de 80.5099 g de CO_2 eq.

Figura 33

Ingreso de datos por el transporte de leche de parte de terceros



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

En este sentido, en la Figura 34 se observa el ingreso de información correspondiente al trasporte de sal y cloruro de calcio. Los 50 sacos de sal. y ocasionalmente un saco de cloruro de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

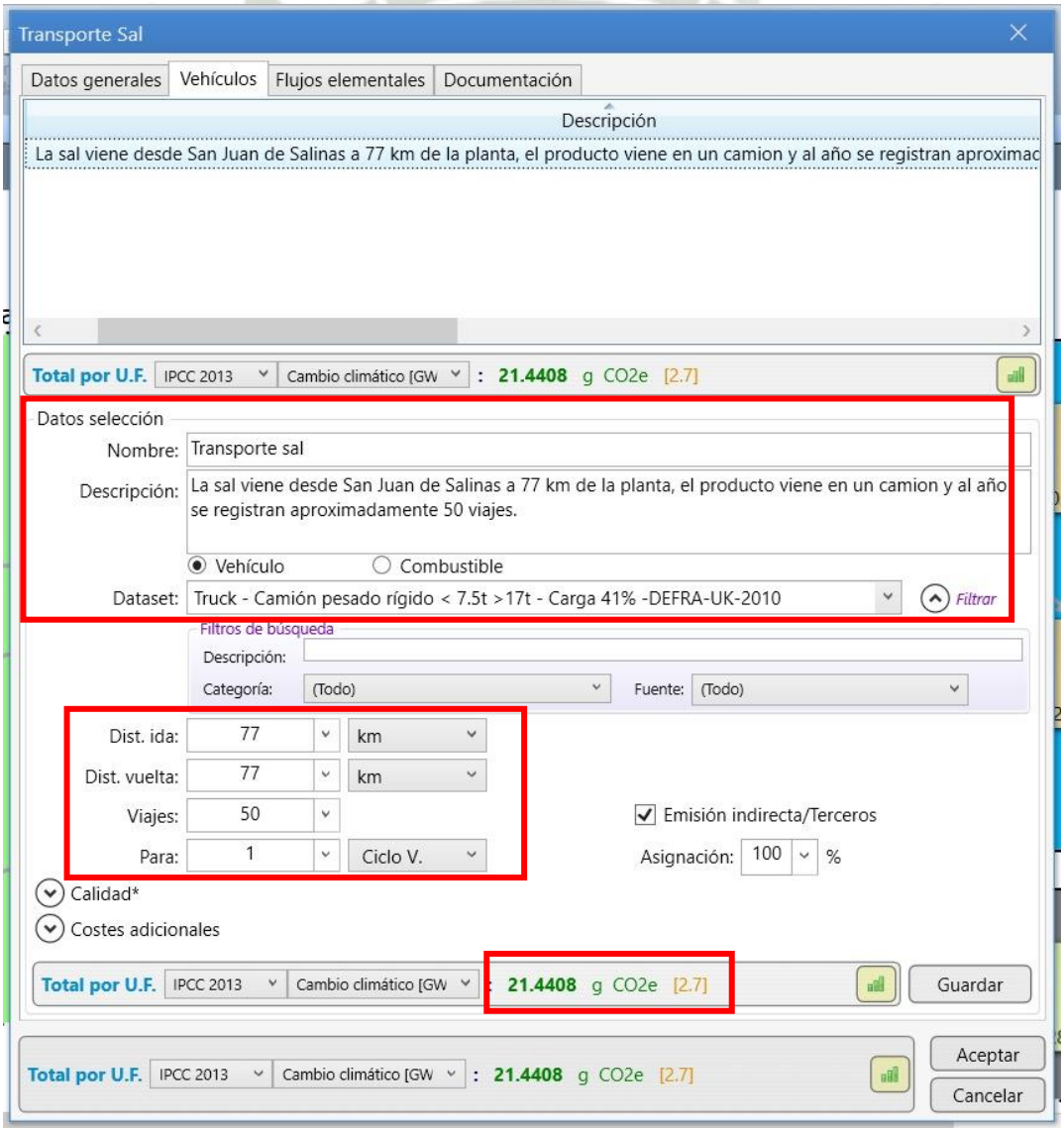
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

calcio, son trasportados todos los viernes desde San Juan de Salinas, un distrito ubicado a 77 km de Ayaviri.

Por tal motivo también se consideró esta actividad como una emisión indirecta además de que se consideraron 50 viajes anuales y el tipo de camión de transporte fue el modelo estándar. Las emisiones correspondientes de esta actividad fueron **de 21.4408 g** de CO_2 eq. para un ciclo de vida de la producción de queso paría.

Figura 34

Ingreso de datos por el transporte de sal y cloruro de calcio de parte de terceros



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

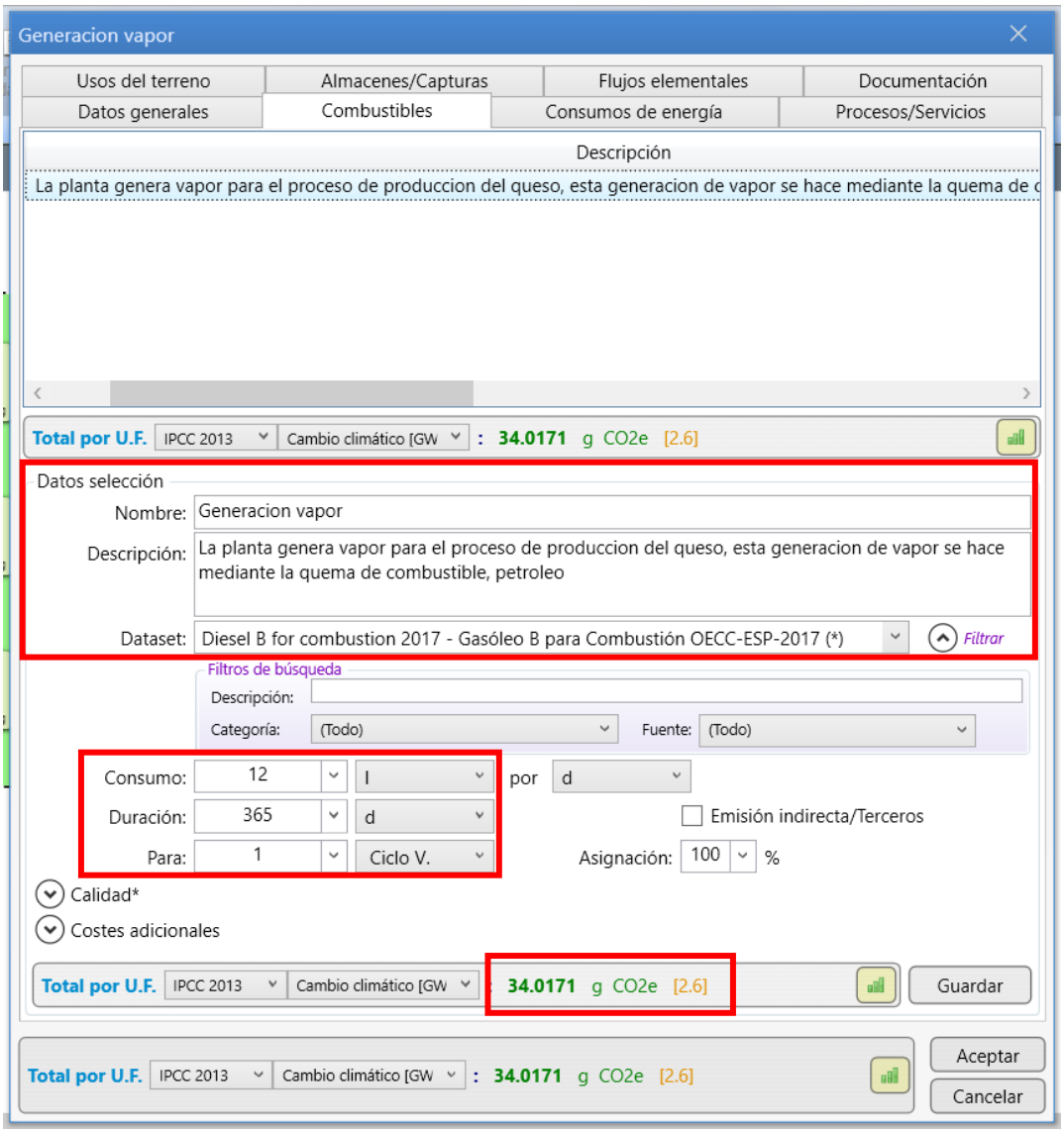
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La generación de vapor también implica la producción de emisiones de GEI debido al consumo de petróleo para el caldero a vapor. En la Figura 35, por el consumo diario de 12 litros de petróleo para todo un ciclo de vida se producen 34.0171 gramos de CO_2 equivalente.

Figura 35

Ingreso de datos por consumo de petróleo para a generación de vapor



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

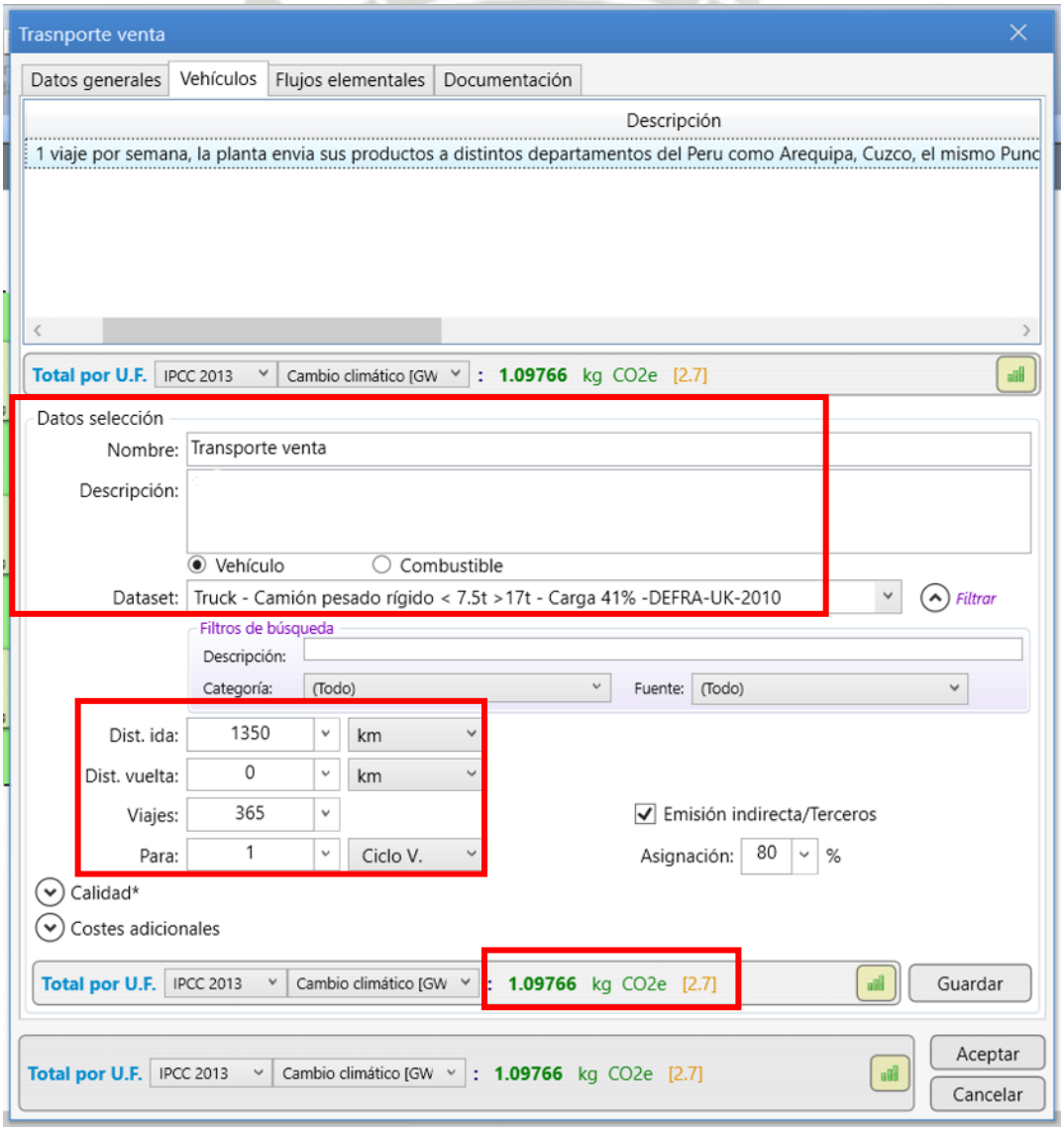
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La figura 36 muestra lo correspondiente a la distribución del producto. Diariamente se realiza el transporte de venta de los quesos producidos el día anterior. La ruta de Ayaviri – Puno, Puno – Arequipa – Lima, equivalen a 1350 km recorridos. Al ser una emisión indirecta realizada por terceros se aplicó un valor genérico para el factor de emisión del camión, además de que su asignación fue de 80% puesto en su mayoría el producto era distribuido a Lima. De este modo las emisiones fueron de 1.09766 kg de CO_2 eq.

Figura 36

Ingreso de datos correspondiente a la distribución del producto



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

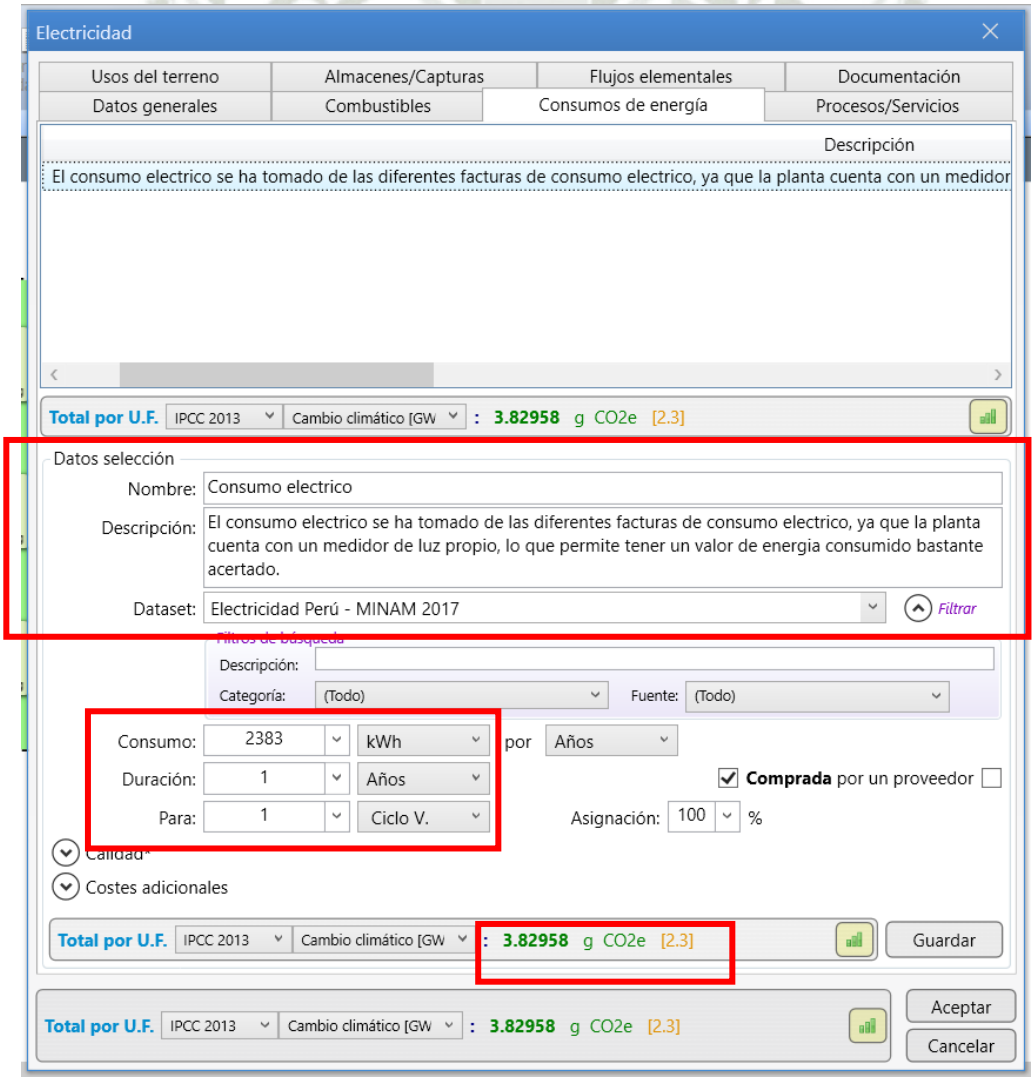
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c. Ingreso de datos y resultados de data de consumo de energía

Según la Tabla 11 del Anexo 1, el consumo anual de energía eléctrica en la planta de producción fue de 2383 kW.h por lo que sus respectivas emisiones fueron de 3.82958 g de CO_2 equivalente. Estas emisiones corresponden al uso de las bombas de agua desde el pozo tubular al tanque y a la caldera a vapor, y el quemador para la producción de vapor. El consumo energético en la planta de producción solo se destina a las actividades productivas, por lo que los valores son específicos (ver Figura 37).

Figura 37

Consumo de energía eléctrica



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

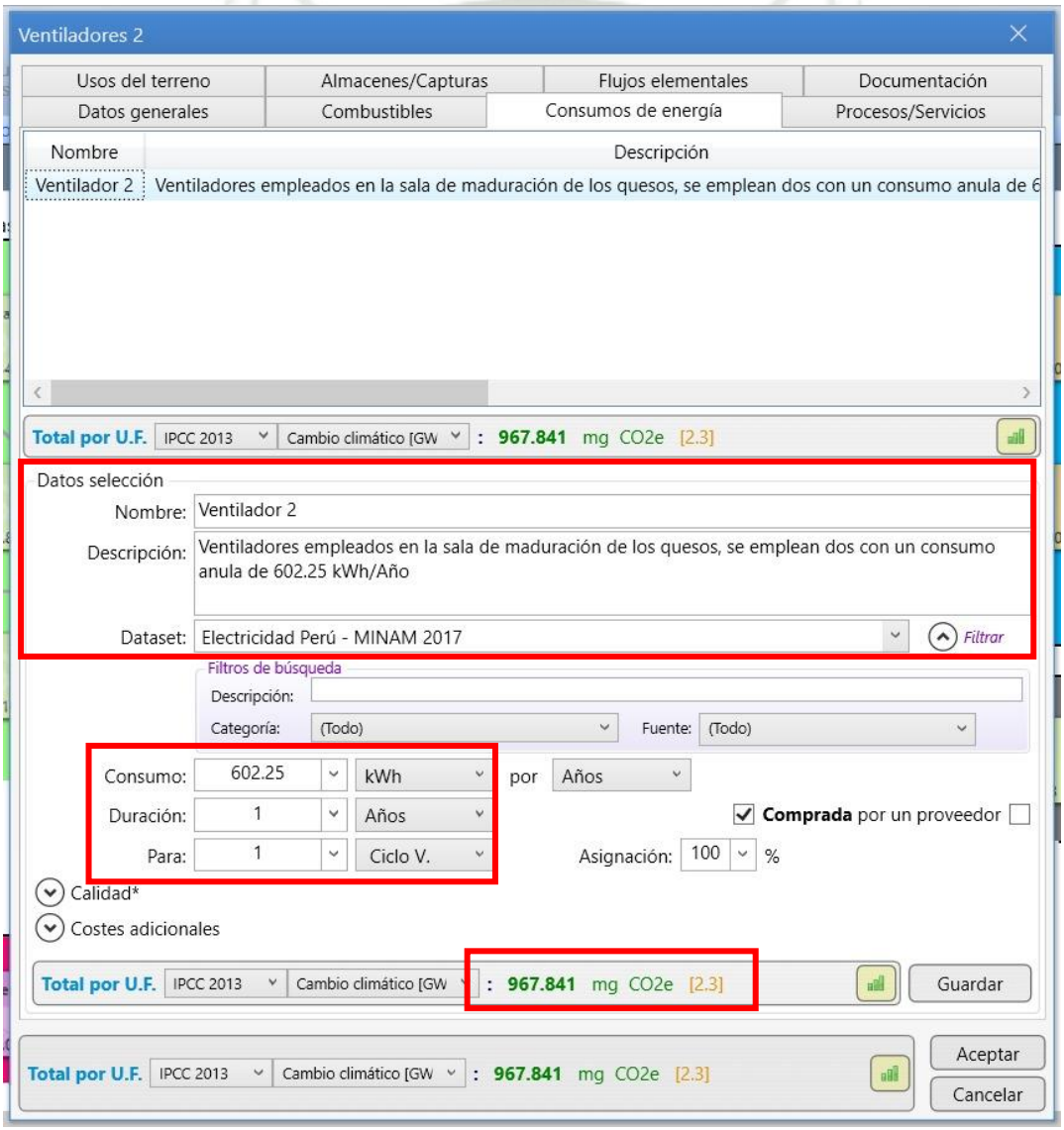
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De este modo para determinar el consumo eléctrico en la planta de maduración durante un ciclo de vida se tuvo en cuenta las etiquetas que indicaban la potencia eléctrica de los 02 ventiladores, así como su tiempo de funcionamiento que fue de 6 horas diarias. El consumo de ambos ventiladores fue de 602.25 kW.h, y las emisiones respectivas fueron de 967.841 mg de CO_2 eq. La Figura 38 explica este aspecto.

Figura 38

Ingreso de datos de consumo energético en la planta de maduración



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

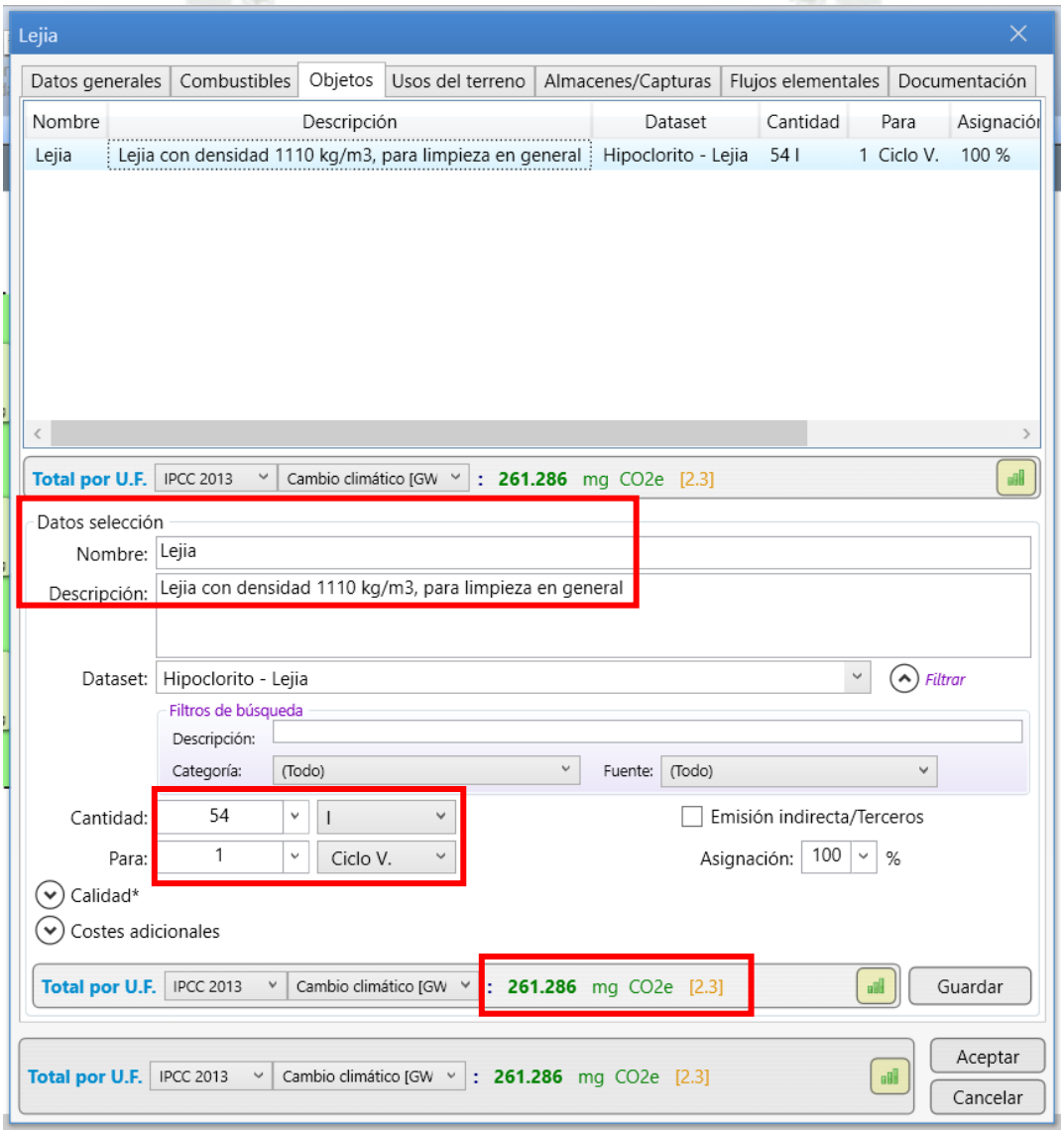
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d. Ingreso de datos y resultados de data de consumo de insumos de limpieza

El consumo de implementos de limpieza en la planta de producción de queso no fue muy constante por eso solo se consumieron 54 litros de hipoclorito de sodio en un ciclo de vida. Es por ello por lo que se emitieron 261.286 mg de CO_2 equivalente como lo muestra la Figura 39.

Figura 39

Ingreso de datos del consumo de hipoclorito de sodio



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

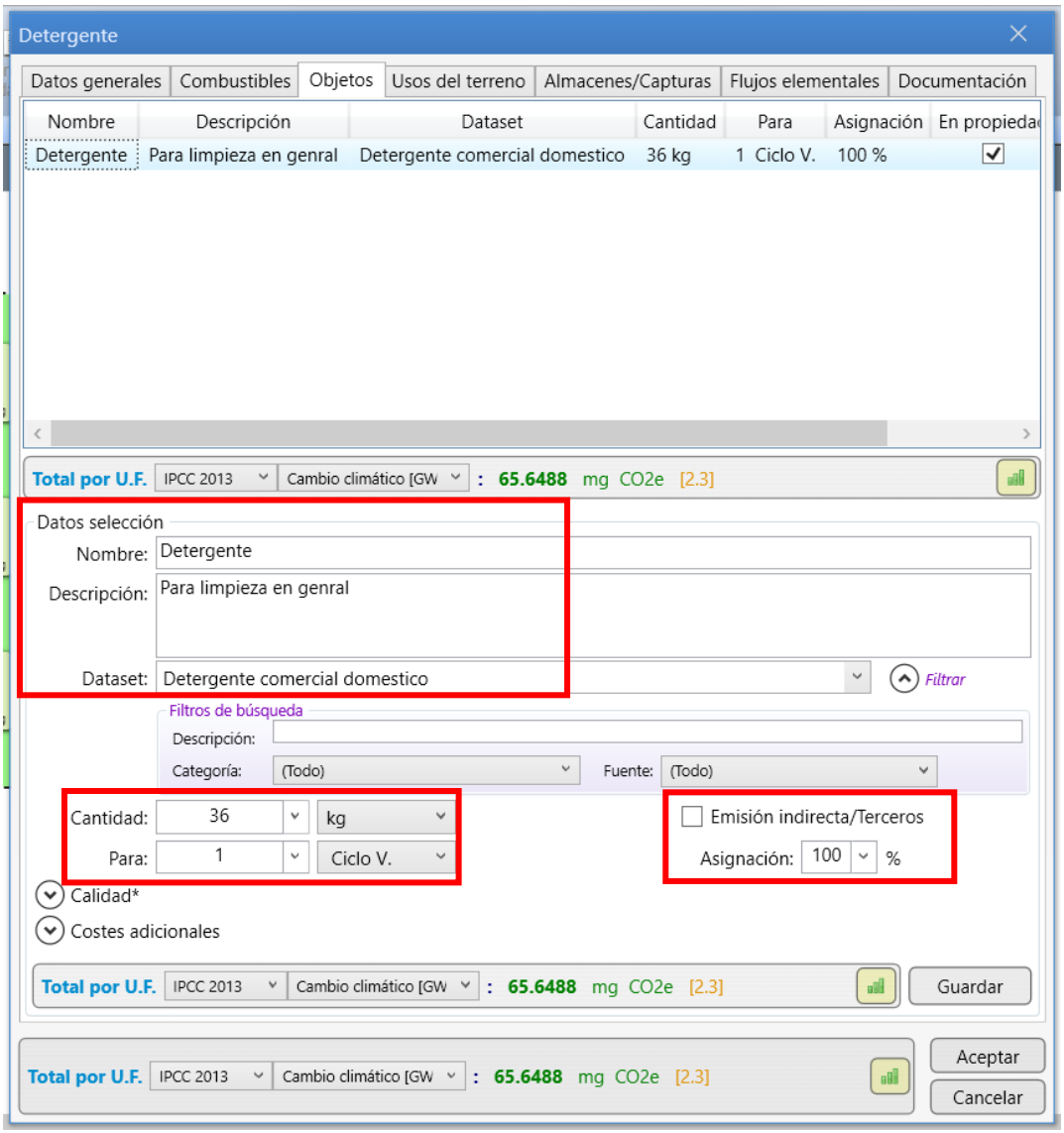
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En ese sentido, la **Figura 40** muestra que el consumo de detergente fue de 36 kg por un ciclo de vida, por lo que las emisiones respectivas fueron de 65.6488 mg de CO_2 equivalente.

Figura 40

Entrada de datos de consumo de implementos de limpieza



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Las investigaciones de Zea (2021) y Gonzales (2018) siguieron una línea metodológica similar, al emplear el software Air.e HdC para el cálculo de la huella de carbono tanto a nivel

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

organizacional como de producto, específicamente en la producción de queso fresco. A nivel internacional, estudios como los de Gosalvitr et al. (2019), Canellada et al. (2019) y Santos et al. (2017) utilizaron otras herramientas, como GaBi y SimaPro, aplicando el método ReCiPe y recurriendo a la base de datos Ecoinvent 3 para la selección de factores de emisión.

Herrmann y Moltesen (2015), quienes compararon directamente SimaPro y GaBi, señalaron que, aunque los resultados pueden ser similares, existen diferencias sustanciales en la construcción del inventario y en la configuración interna de ambos softwares. Por otro lado, Sánchez et al. (2018), al desarrollar un software específico para evaluar la huella de carbono en la producción de café, reconocen a Air.e HdC como una herramienta útil para estimaciones de emisiones en empresas de mediana y gran escala.

En esta investigación, la selección de factores de emisión priorizó el criterio de representatividad, especialmente en el caso de la leche, debido a su alto impacto en las emisiones totales. Para ello, se siguieron las recomendaciones de la norma ISO 14067 (2018) y del GHG Protocol (2004), los cuales sugieren el uso de factores contextuales y adecuados al entorno geográfico y productivo. Por lo tanto, se adoptó el factor propuesto por Lermo (2022), quien estimó una huella de carbono de 0.92 kg CO_2 eq/kg de leche corregida por grasa y proteína, con datos específicos para la región de Puno —incluyendo Ayaviri como una de sus zonas de estudio.

A su vez, Condori y Fuentes (2023) calcularon su propio factor de emisión aplicando los lineamientos del IPCC (1996), particularmente los volúmenes 4 y 5 sobre agricultura, producción lechera, manejo del estiércol y ganado (Dong et al., 2006). Los autores también advierten que muchos estudios internacionales tienden a asumir de forma automática los factores de emisión estándar del IPCC sin realizar ajustes contextuales, mientras que otros optan por datos nacionales,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

según la disponibilidad. Esta práctica limita la comparabilidad entre estudios, ya que no considera variaciones clave en la dieta del ganado, el sistema productivo ni las condiciones geográficas.

Con respecto a otros elementos de entrada, a diferencia de los estudios internacionales mencionados, que al usar Ecoinvent evitaron el cálculo individual de factores de emisión para materias primas y combustibles. En esta investigación se empleó el factor de emisión de 2.52 g CO_2 eq. /l para combustible. Este valor ya está integrado en la base de datos del software Air.e HdC y ha sido validado por la Oficina Española de Cambio Climático.

Si bien se consideró inicialmente el uso del factor del IPCC (2006) (74,100 kg CO_2/TJ), la conversión desde unidades energéticas (terajulios) implicaba una serie de supuestos adicionales que podrían introducir incertidumbre y afectar la consistencia de los resultados.

Respecto al transporte de materias primas y queso madurado, se utilizó el factor proporcionado por el software, el cual considera que el 41% del volumen total transportado corresponde a productos de la empresa. Esto responde al hecho de que el servicio logístico es tercerizado, y los camiones no transportan exclusivamente insumos para Flor Andina S.R.L. Al no encontrarse un valor equivalente en las tablas actualizadas del DEFRA (2024), se optó por emplear directamente el factor proporcionado por Air.e HdC.

En este caso, el uso de factores integrados al software, validados y adecuados al tipo de operación, permitió evitar conversiones innecesarias y mantener la trazabilidad del cálculo, reforzando la coherencia del estudio.

Por último, en el contexto nacional, existe la herramienta oficial “Huella de Carbono Perú” impulsada por el MINAM, la cual incentiva a organizaciones públicas y privadas a reportar sus emisiones de GEI (Morales, 2021). No obstante, esta plataforma no está diseñada para el cálculo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de CO_2 eq. a nivel de producto. A pesar de ello, representa un importante referente institucional para la gestión de emisiones en cualquier sector productivo del país.

Análisis gráfico de los resultados del ingreso de información

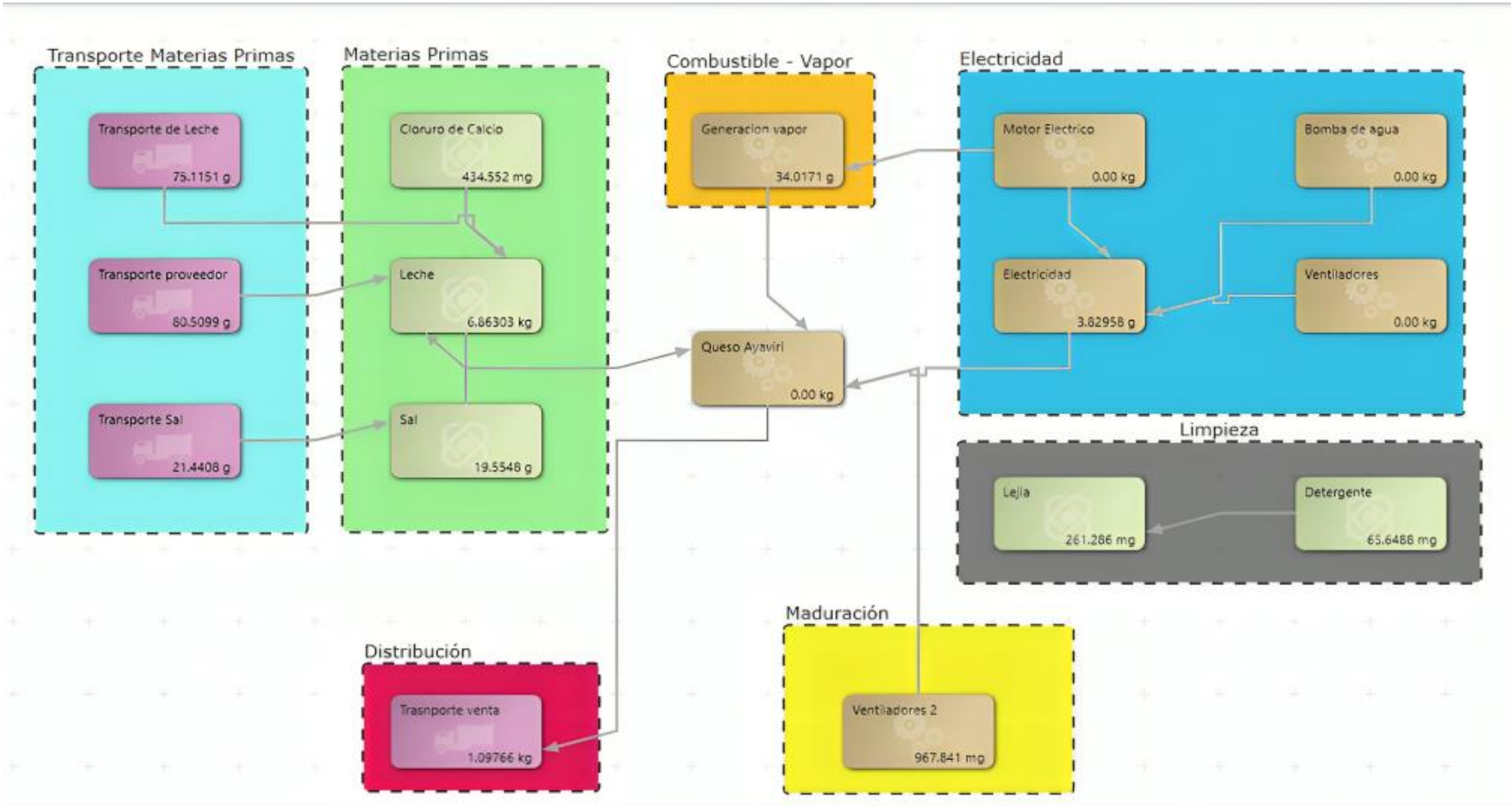
La Figura 41 muestra en el mapa el panorama global de emisiones de GEI en el proceso productivo del queso tipo paria. Está dividido en 5 sectores clave:

- En primer lugar, el transporte de materias primas, como cloruro de sodio y leche, representa un aporte significativo. Las emisiones generadas por este proceso ascienden a 177.07 g de CO_2 eq., siendo el transporte de leche desde el proveedor adicional ubicado en Espinar el de mayor impacto. Esta etapa incluye tanto los desplazamientos realizados por operadores propios como por terceros contratados por la empresa Flor Andina S.R.L.
- En cuanto a las materias primas, se evidencia una particularidad en las unidades de medida empleadas para cada insumo. La leche, al ser el insumo base del proceso, genera 6.86 kg CO_2 eq., mientras que la sal aporta tan solo 19 g CO_2 eq. y el cloruro de calcio representa una emisión aún menor, registrada en miligramos, lo que evidencia su aporte marginal al inventario.
- Respecto a la generación de vapor, esencial para la etapa de pasteurización, implica el consumo de petróleo y energía eléctrica, con un aporte estimado de 34 g CO_2 eq. a la huella total del proceso.
- Las emisiones por consumo energético eléctrico total, que consideran tanto el consumo registrado en el medidor de la planta quesera como la energía utilizada por los ventiladores en la sala de maduración, ascienden a 4.8 g CO_2 eq.
- La distribución del producto final se consideró como una actividad externa, es por ello que se encuentra en un sector separado.
- Finalmente, se cuantificaron las emisiones producto de la limpieza de la planta operativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura 41

Esquema de emisiones de CO_2 equivalente



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Canellada et al. (2019) presentaron una gráfica segmentada por etapas del proceso, identificando el tipo de GEI emitido en cada una, lo que les permitió delimitar con mayor claridad los límites de su sistema de análisis. De forma similar, Laca et al. (2020) utilizaron un esquema para definir los procesos incluidos en su conteo de emisiones. Sin embargo, ninguno de estos estudios incorporó diagramas generados directamente por el software SimaPro, a pesar de que fue la herramienta empleada en ambos casos.

En contraste, Condori y Fuentes (2023), quienes calcularon la huella de carbono de forma manual, diseñaron un diagrama detallado por fases de producción, especificando también las emisiones de GEI asociadas a cada una. Por su parte, Zea (2021) y Gonzales (2018), que utilizaron el software Air.e HdC, sí presentaron gráficos con los resultados expresados directamente en gramos de CO_2 equivalente. Gonzales incluyó la etapa de control de calidad como fuente adicional de emisiones y desagregó el consumo eléctrico por tipo de equipo; Zea, en cambio, desarrolló un esquema integral con procesos diferenciados por producto y categoría.

En esta investigación, se optó por programar en el software un diagrama de procesos que muestra las emisiones específicas (en kilogramos y gramos de CO_2 eq), lo que facilitó el desglose posterior por tipo de fuente: materias primas, transporte, combustibles y otros insumos. A diferencia de SimaPro, el software Air.e HdC permite visualizar estos resultados mediante gráficos estructurados y dinámicos, lo que agiliza el análisis e interpretación de datos. Esta funcionalidad también ha sido destacada por DCycle (2025), empresa especializada en herramientas de cálculo de ACV en el contexto europeo.

Este enfoque gráfico no solo contribuye a una mejor comprensión de las fuentes de emisión, sino que también permite comunicar los resultados de manera más clara, accesible y útil para la toma de decisiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como mencionaron Herrmann y Moltesen, entre GaBi y Simapro no se han observado diferencias significativas en los resultados. Sin embargo, se identificó una limitante relevante: la carencia de estudios internacionales y nacionales que comparen de manera sistemática el uso de softwares como GaBi, SimaPro con Air.e HdC. Esta ausencia dificulta una validación más representativa de los resultados, ya que las diferencias en la interfaz y alcance metodológico, particularmente en el caso de Air.e HdC, pueden influir tanto en los valores finales de huella de carbono como en su representación gráfica. En consecuencia, los resultados de esta investigación deben interpretarse considerando esta restricción, al no haberse realizado una comparación directa con softwares internacionalmente reconocidos como SimaPro o GaBi. No obstante, como se mencionó en el punto 3.3.2., Air.e HdC, cuenta con el respaldo de bases de datos reconocidas como Ecoinvent, DEFRA, y la normativa internacional ISO para el análisis de ciclo de vida y cálculo de huella de carbono.

4.3. Identificación de los puntos críticos con mayor aporte de emisiones

4.3.1. Análisis cuantitativo y validación comparativa de la huella de carbono por unidad de producto

El software Air.e HdC muestra que la huella de carbono total para 1 kg de queso tipo paria producido en Ayaviri durante el año 2023 es de 8.20 kg CO_2 eq., como se observa en la Figura 42. Este resultado final integra las emisiones asociadas a las materias primas utilizadas, los procesos de transformación y las actividades de transporte de materias primas y el producto final. En adelante, se profundizará en la comparación de este valor con otras investigaciones nacionales e internacionales, así como en el análisis detallado de las fuentes de emisión más significativas.

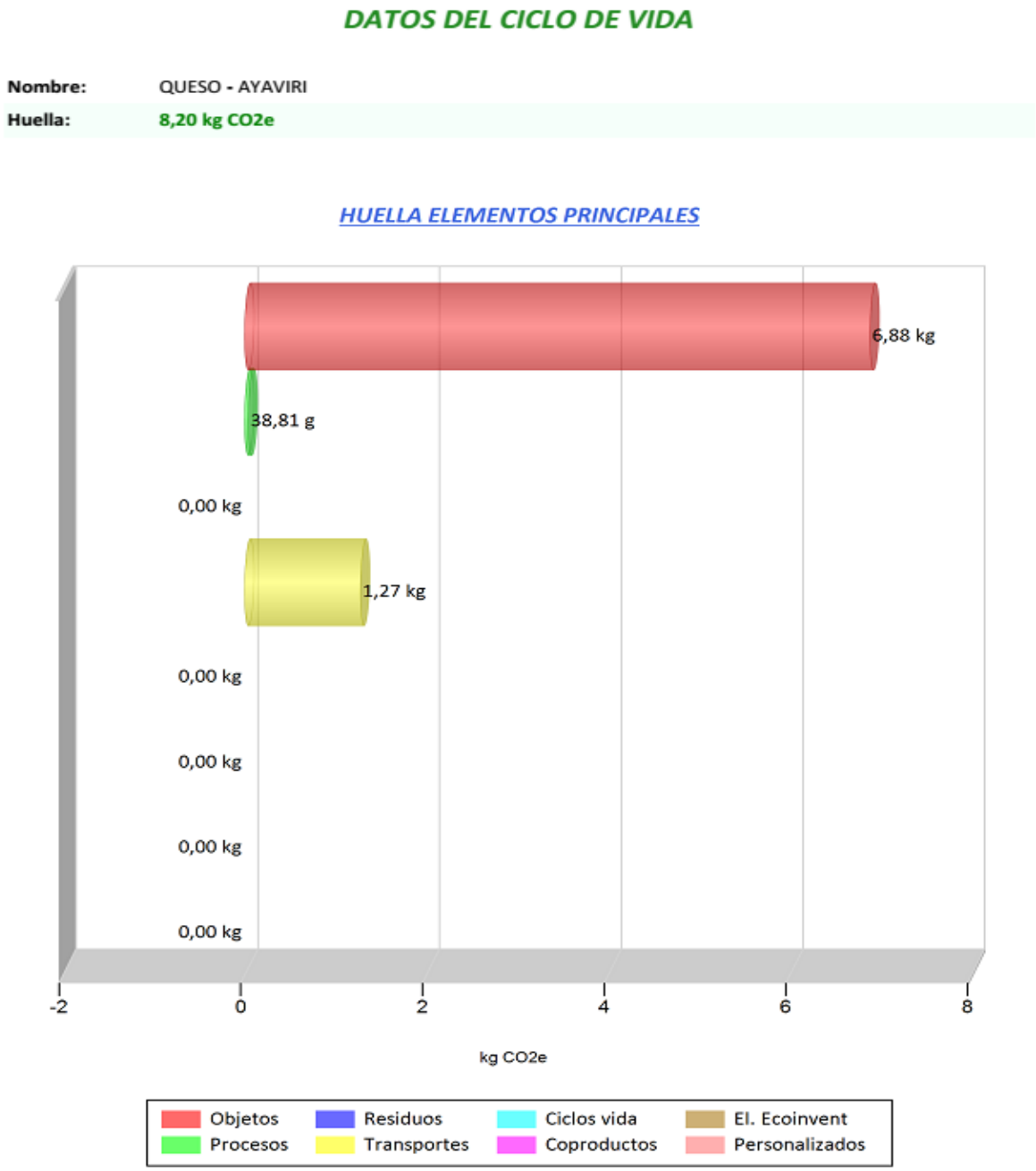
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 42

Resultados del cálculo de huella de carbono de la producción del queso tipo paria



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La Figura 43 ilustra una comparación general entre diversos estudios internacionales que evaluaron la huella de carbono en la producción de quesos, evidenciando una marcada heterogeneidad en los resultados.

El valor más bajo reportado corresponde a Simonetto et al. (2015), con 3.21 kg CO2 eq., mientras que el más elevado, de 18.82 kg CO2 eq., fue estimado por Ferronato et al. (2025). En este contexto, el queso tipo paria evaluado en el presente estudio, con una huella de 8.20 kg CO2 eq., se sitúa por debajo del promedio internacional (11.01 kg CO2 eq.), lo cual representa una ventaja ambiental significativa.

Asimismo, el valor hallado es muy cercano al de Kim et al. (2013), quienes reportaron 8.60 kg CO2 eq., con una diferencia de apenas 0.4 kg. CO_2 eq. Otros estudios que presentan valores inferiores al del queso paria incluyen a Simonetto et al. (2015) con 3.21 kg CO_2 eq , Vergé et al. (2013), con 5.08 kg, y nuevamente Kim et al. (2013) con 7.28 kg CO_2 eq.

Dicha eficiencia relativa podría estar asociada a múltiples factores: el tipo de queso, el porcentaje de grasa, el tiempo de maduración, la razón de conversión de leche a queso, el proceso productivo local, y la calidad y origen de las materias primas. Tal como se argumenta en el apartado 4.2.1, en Ayaviri se identificó un menor consumo de leche por kilogramo de queso elaborado, en comparación con otros estudios internacionales y nacionales. Estos factores en conjunto constituyen variables determinantes para la huella de carbono del producto, y serán abordados con mayor profundidad en los siguientes subcapítulos.

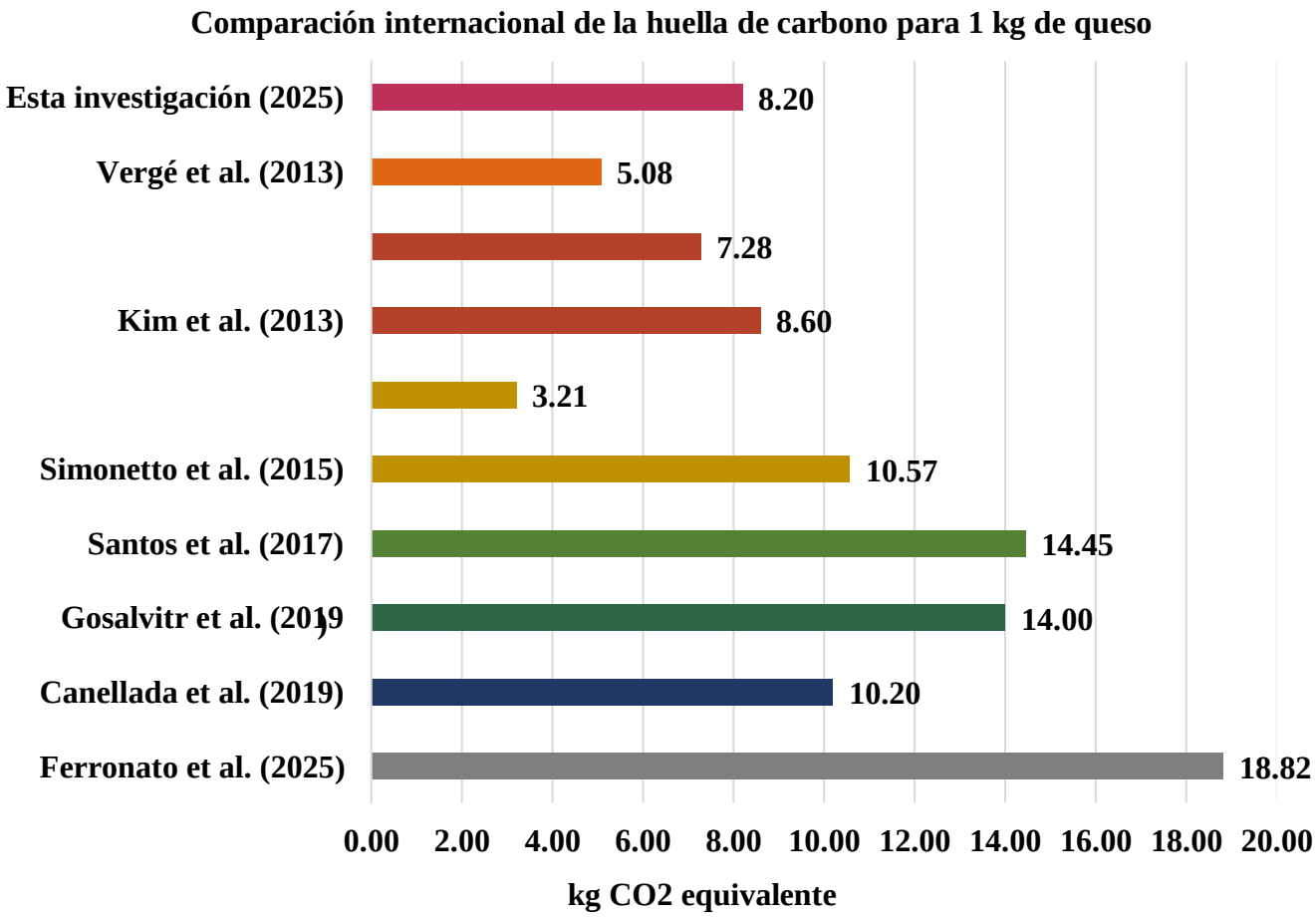
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 43

Gráfica comparativa de huella de carbono para una unidad funcional de queso - investigaciones internacionales



Complementariamente, se aprecia en la Tabla 18, la huella de carbono de quesos europeos varía considerablemente. Por ejemplo, el queso ricotta italiano presenta el valor más bajo (3.21 kg CO2 eq.), mientras que el Grana Padano alcanza 18.82 kg CO2 eq. (Simonetto et al., 2015; Ferronato et al., 2025). En cuanto a los quesos mozzarella italiano y Casin español, presentan cifras similares, con una diferencia de apenas 0.37 kg CO_2 eq. (Simonetto et al., 2015; Canellada et al., 2019).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De forma similar, el queso cheddar muestra diferencias notables entre países: en el Reino Unido se reporta una huella de 14 kg CO2 eq. (Gosalvitr et al., 2019), en contraste con los 8.60 kg CO2 eq. del cheddar estadounidense (Kim et al., 2013).

En América del Norte, los quesos canadienses tienden a presentar valores más bajos, con un promedio de 5.08 kg CO2 eq. (Vergé et al., 2013), mientras que los de Estados Unidos fluctúan entre 7.28 y 8.60 kg CO2 eq. En Brasil, Santos et al. (2017) estimaron una huella de 14.45 kg CO2 eq., sin especificar el tipo de queso, lo que representa una diferencia de 6.25 kg CO2 eq. respecto al queso paria.

Por su parte, el contenido graso influye considerablemente. El queso ricotta contiene sólo 14 g de grasa por 100 g (USDA, 1981), mientras que el cheddar debe tener al menos 50% (USDA, s.f.). Autores como Canellada et al. (2019) y Santos et al. (2017) coinciden en que un mayor contenido graso incrementa la huella de carbono, debido a la mayor cantidad de leche requerida por unidad de queso. En ese sentido, el queso tipo paria presenta un contenido graso promedio de 27.83% (Cansaya, 2018), aunque la norma peruana (NTP 105.003:2023) sugiere un mínimo de 45%, lo que plantea un dilema entre calidad y sostenibilidad.

Paralelamente Finnegan et al. (2018) enfatizan que los quesos frescos tienden a generar menores emisiones que los madurados, debido a los menores requerimientos de almacenamiento y refrigeración. Por ejemplo, el Grana Padano requiere al menos 18 meses de maduración bajo condiciones de temperatura, humedad y ventilación controladas (Consorcio para la Tutela del Grana Padano, s.f.), mientras que el queso paria madura en tan solo 6 a 12 horas, proceso que se acelera durante el invierno en Ayaviri gracias a su clima frío, eliminando así la necesidad de refrigeración artificial.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, aunque todos los estudios revisados emplearon software especializado con sus respectivas bases de datos, las diferencias observadas no se deben exclusivamente al proceso de elaboración del queso, tal y como sostiene Salas et al (2021). Más bien, responden al sistema de producción de leche, al tipo de ganado, a la gestión de insumos, y al uso eficiente de recursos. Lo cual influencia directamente en el factor de emisión representativo de la leche. No hay que olvidar que el cheddar del Reino Unido con el de Estados Unidos, (Gosalvitr et al., 2019; Kim et al., 2013) ambos estudios con una línea de queso similar, pero con resultados diferentes identificaron que la etapa más intensiva en emisiones corresponde a la producción de leche. Ambos también destacan que la mejora en la eficiencia de esta etapa (a través de una reducción de pérdidas y un mayor rendimiento) es clave para reducir el impacto total del producto. En definitiva, el verdadero peso ambiental del queso depende de factores particulares y exclusivos a su contexto.

Tabla 18

Comparación de la huella de carbono para 1kg de queso entre diversos autores e investigaciones internacionales

Autor	Ubicación	Tipo de queso	Huella de carbono para 1 kg de CO_2 eq.
Ferronato et al. (2025)	Po Valley – Italia	PDO Grana Padano	18.82
Canellada et al. (2019)	España	Franxón – Casín	10.2
Gosalvitr et al. (2019)	Reino Unido	Cheddar	14
Santos et al. (2017)	Brasil	No especifica	14.45
Simonetto et al. (2015)	Italia	Mozzarella	10.57
		Ricotta	3.21
Kim et al. (2013)	USA	Cheddar	8.60
		Mozzarella	7.28
Vergé et al. (2013)	Canadá	Variedades de queso	5.08
Esta investigación (2025)	Ayaviri – Perú	Tipo Paria	8.20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

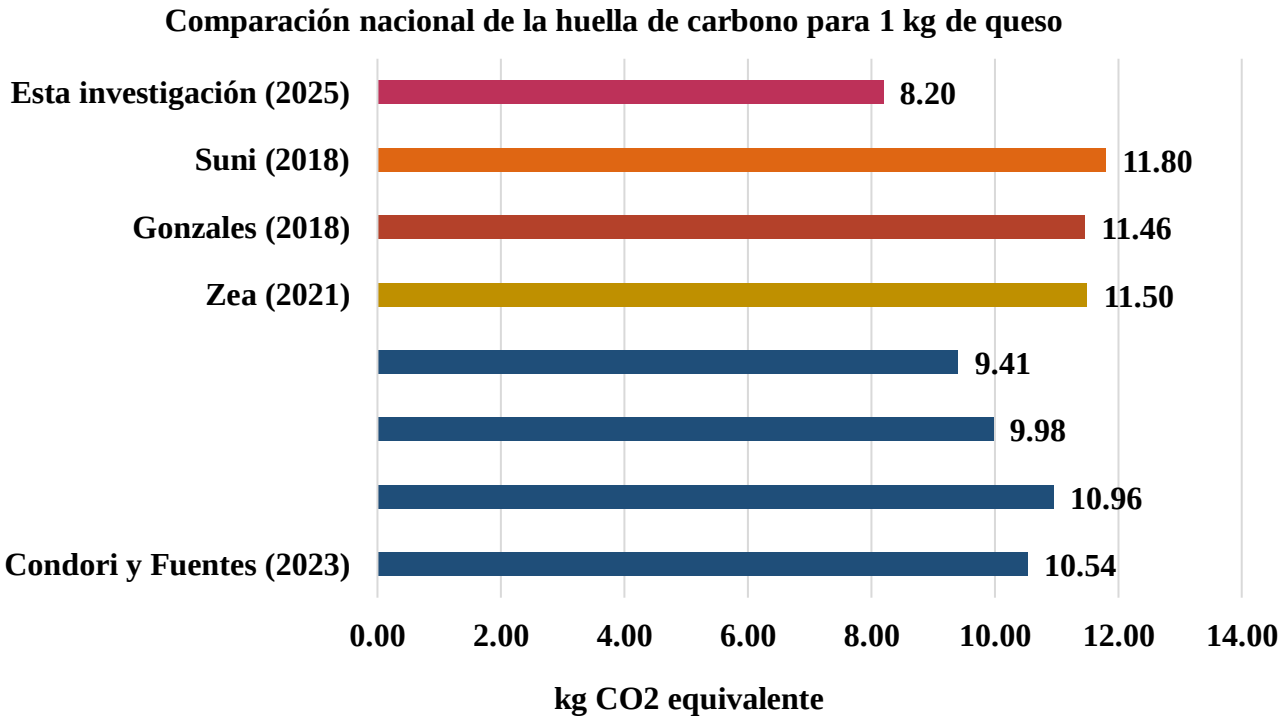
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En un ámbito nacional, como se muestra en la Figura 44, si bien las investigaciones centradas en la huella de carbono del queso no son numerosas, se puede señalar lo siguiente: las huellas de carbono del mismo tipo de queso, en el sur del Perú, presentan un rango que va desde los 8.20 kg de CO_2 eq., correspondiente a esta investigación, hasta los 11.80 kg de CO_2 eq., reportados por Suni (2018). Esta investigación representa el menor valor entre las ocho plantas analizadas, mientras que el resultado más alto fue el de Chuquibamba. Tanto Suni (2018) como la presente aplicaron factores de emisión similares para la leche (0.9 kg CO_2 eq/kg), por lo que la diferencia sustancial se debió al consumo de leche requerido por kilogramo de queso. Como se indicó en la Tabla 17, la planta de Chuquibamba consume 4.08 kg más de leche que la planta de Ayaviri.

Figura 44

Gráfica comparativa de huella de carbono para una unidad funcional de queso – investigaciones nacionales



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las investigaciones desarrolladas en Arequipa (ver Tabla 19) se sitúan en un rango de 11 a 12 kg de CO_2 eq., además de presentar consumos de leche por kilogramo de queso bastante similares (11.6 y 11.5 kg, respectivamente, según Gonzales, 2018 y Suni, 2018). En contraste, el estudio realizado por Condori y Fuentes (2023) en cuatro plantas del departamento de Puno muestra valores relativamente más bajos de huella de carbono. No obstante, los factores de emisión que calcularon para la leche son mayores a los aplicados en este estudio, y el consumo de leche varía solo entre 1 a 2 kg con respecto al de la planta de Ayaviri (Condori, 2023).

En ese sentido, lo que marcó la ligera diferencia de resultados fue principalmente el volumen de leche utilizado para producir un kilogramo de queso, junto con la pequeña variación en los factores de emisión aplicados por sus respectivos autores.

Tabla 19

Comparación de la huella de carbono para 1kg de queso entre diversos autores e investigaciones nacionales

Autor	Ubicación	Tipo de queso	Huella de carbono para 1 kg de CO_2 eq.
Condori y Fuentes (2023)	Ácora - Puno	Tipo paria	10.54
	Platería -Puno		10.96
	Huata - Puno		9.98
	Taraco -Puno		9.41
Zea (2021)	Iray - Arequipa	No especifica	11.50
Gonzales (2018)	Casconza - Arequipa	No especifica	11.46
Suni (2018)	Chuquibamba - Arequipa	Paria	11.80
Esta investigación (2025)	Ayaviri - Puno	Tipo paria	8.20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.3.2. Análisis de emisiones diferenciadas por alcance en el proceso productivo

El siguiente diagrama de barras en la Figura 45 muestra la huella de carbono de la producción de queso paria por tipo de emisión. En lo que respecta a emisiones indirectas, la huella es de 8.08 kg de CO_2 eq. Estas emisiones representan el alcance 3, las cuales son producto de la extracción de materias, en este caso la leche, sal, cloruro de calcio y demás implementos de limpieza, así como el trasporte de materias primas por terceros y la distribución del producto.

El alcance 2 se compone del consumo de energía eléctrica de parte de la planta, en el caso en este estudio su huella fue a 4.80 g de CO_2 eq. Se compone el consumo de energía eléctrica para el quemador del caldero a vapor, y el de los ventiladores en la cámara de maduración. Por último, el alcance 1, el cual la empresa ejerce completo control en las emisiones de GEI, corresponde a 109.13 g CO_2 eq. Se compone del consumo de combustibles para el transporte de leche y el consumo de combustible para el caldero a vapor.

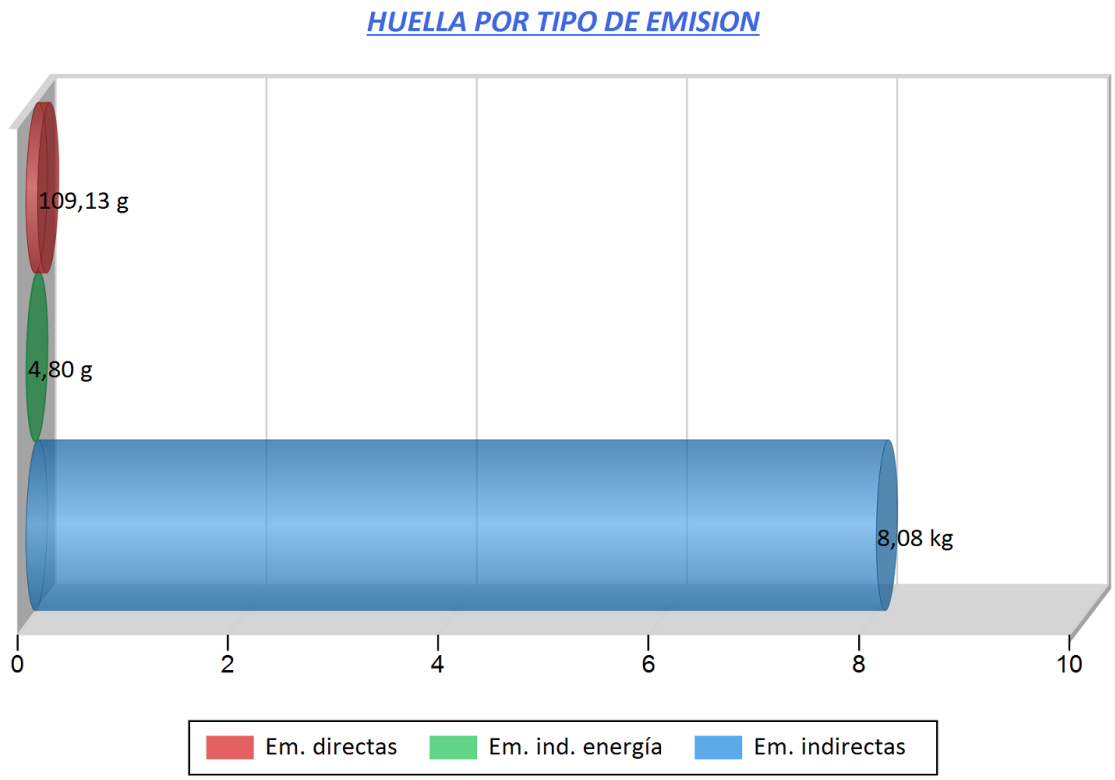
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 45

Huella de carbono en CO_2 eq. por tipo de emisión



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Las emisiones directas o de alcance 1 se muestran claramente en esta gráfica de la Figura 46. Con el aporte de emisiones por la generación de vapor y el transporte de leche desde 3 puntos (Piruani, Umachiri, Pucará) a la planta de producción de queso en Ayaviri. El aporte del transporte diario de leche a la huella de carbono es de 75.12 g de CO_2 eq. En lo que respecta al consumo de combustibles para generar vapor en la caldera en la etapa de pasteurización, corresponde al 34.02 g de CO_2 eq. Por lo tanto, las emisiones directas producidas por la empresa en su totalidad y para una unidad de queso paria fue de 109.14 g de CO_2 eq.

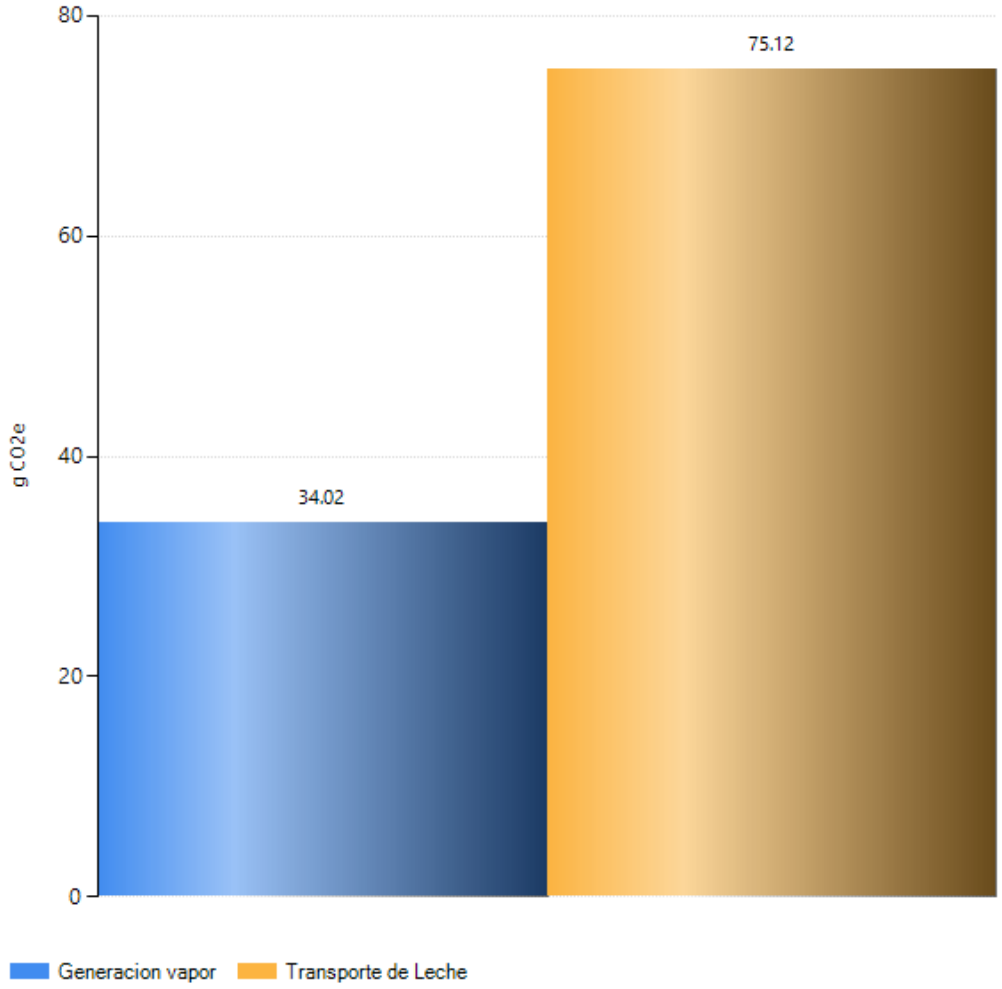
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 46

Emisiones directas o de Alcance 1



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Como muestra la Figura 47, el fluido eléctrico o el alcance 2 corresponde a 4.8 g de CO_2 eq. El consumo de energía para el proceso de pasteurización corresponde a 3.83 g de CO_2 eq. Mientras la huella de parte del consumo de energía para los ventiladores en la cámara de maduración fue de 0.97 CO_2 eq.

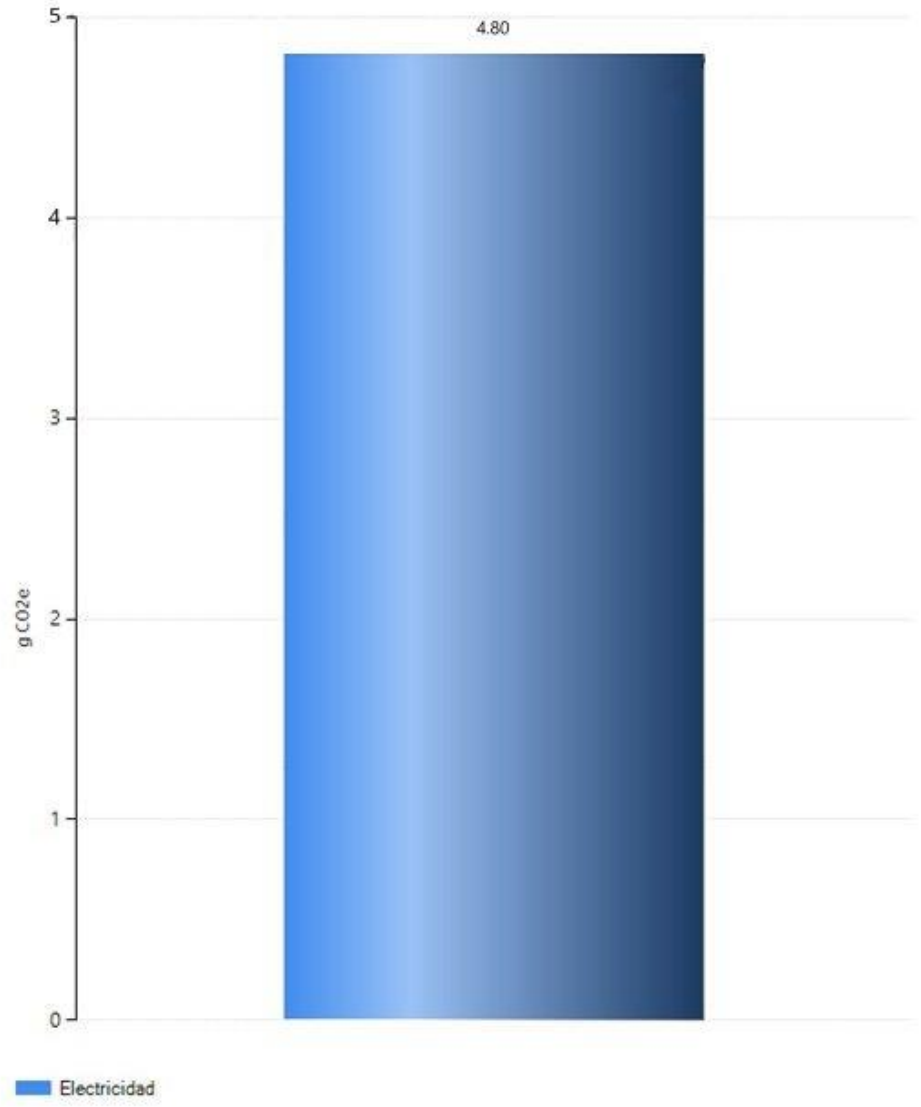
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 47

Emisiones indirectas de Alcance 2



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

En la Figura 48 de contribución de emisiones indirectas o del alcance 3, la huella de carbono total es de 8.08 kg de CO2 eq. La leche es la cual realiza un mayor aporte con 6866.03 g de CO_2 eq. Si comparamos el aporte por emisiones del transporte de leche de parte del proveedor de Espinar este es solo la sexta parte con 1097.66 g CO_2 eq. El cloruro de calcio, detergente, lejía,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

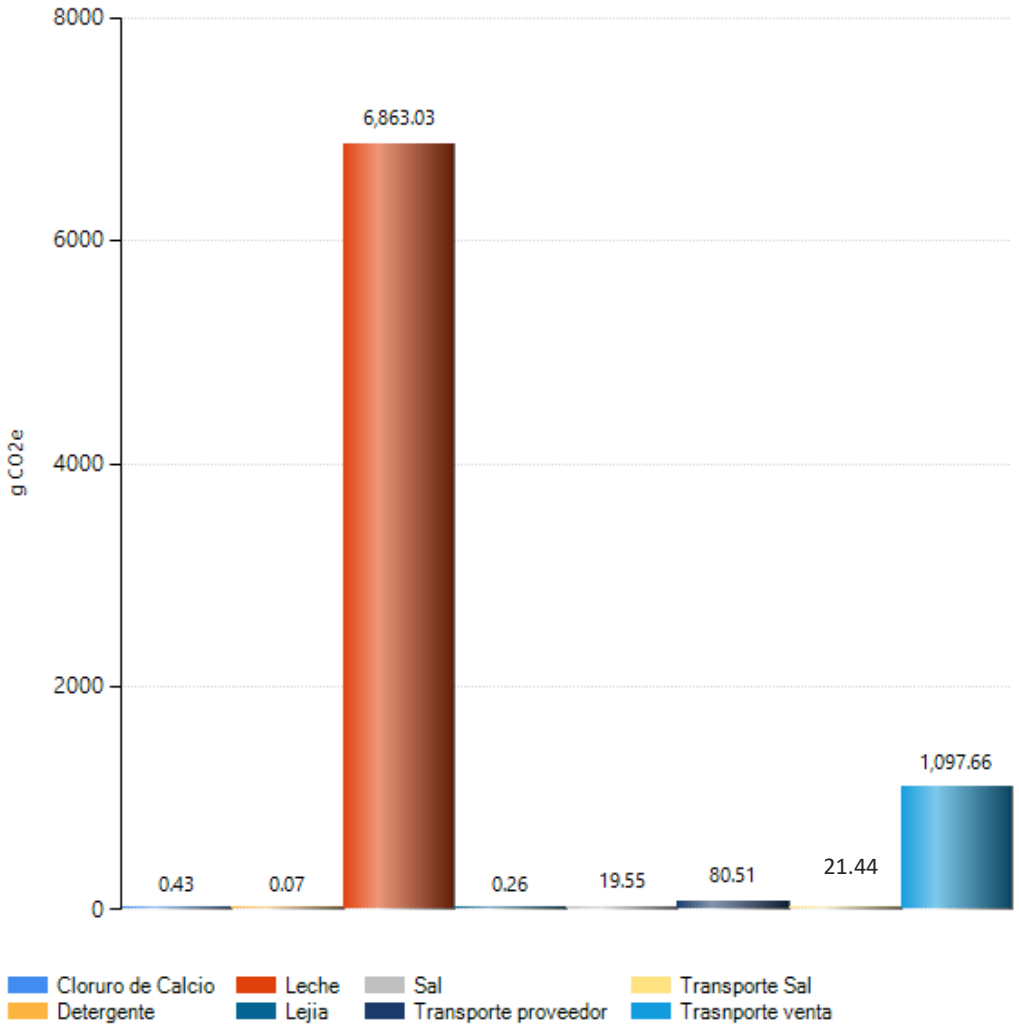
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sal y el transporte de la sal solo añaden 31.03 g de CO_2 eq. Otro valor medianamente significativo es el aporte de 80.51 g de CO_2 eq. de parte del transporte de leche desde Espinar a la planta de producción de queso.

Figura 48

Emisiones indirectas de Alcance 3



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

El alcance 1 (ver Figura 45) comprende las emisiones derivadas directamente de los procesos operativos y actividades internas de la empresa, por lo que también se denominan emisiones directas. Por su parte, las emisiones relacionadas con el consumo de energía eléctrica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

corresponden al alcance 2, es decir, emisiones indirectas asociadas al uso de electricidad. Finalmente, el alcance 3 incluye aquellas emisiones generadas por actividades externas, pero relacionadas con el ciclo de vida del producto (GHG Protocol, 2004).

El resultado obtenido en esta investigación, 8.20 kg CO_2 eq por kg de queso tipo paria, incluye los tres alcances mencionados, conforme a los lineamientos de la ISO 14067 (2018), la cual exige considerar todas las emisiones relevantes a lo largo del ciclo de vida del producto. En este caso, las emisiones de alcance 3 (8.08 kg CO_2 eq.) fueron claramente las predominantes, mientras que las emisiones directas (alcance 1) fueron apenas de 109.14 g CO_2 eq.

De forma similar, Canellada et al. (2019) reportaron una huella de carbono de 10.2 kg CO_2 eq/kg, también incluyendo los tres alcances. En su caso, el alcance 3 representó solo 5.6 kg CO_2 eq, un valor inferior al hallado en esta investigación. Como se analizó en la sección 4.3.1, uno de los factores determinantes fue el consumo de leche. A pesar de que en la planta de Canellada se utilizó 2.17 kg más de leche por kg de queso, sus emisiones en este alcance fueron menores. Esto se explica por la mayor contribución de emisiones en los alcances 1 y 2, asociadas principalmente al transporte del producto final y al uso de electricidad en la planta, lo que modificó la distribución del impacto entre los tres alcances.

Paralelamente, Gonzales (2018), empleando el mismo software Air.e HdC, estimó una huella de 11.46 kg CO_2 eq/kg de queso paria. Las emisiones indirectas por materias primas (alcance 3) alcanzaron los 9.96 kg CO_2 eq, un valor coherente con los resultados obtenidos en Ayaviri.

Cabe destacar, que la planta analizada por Gonzales consideró exclusivamente el consumo de las materias primas para el tercer alcance, mientras que en Ayaviri se consideró además del consumo de materias primas, las emisiones producto de su transporte de parte de un proveedor y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la distribución del producto final. Lo cual refuerza la importancia de este alcance como principal contribuyente de emisiones.

Respecto a las emisiones directas, (alcance 1) Gonzales reportó 1.48 kg CO_2 eq, significativamente superiores a los 109.13 g CO_2 eq. de Ayaviri. Esta diferencia se debe principalmente al uso de aceite usado como combustible para el quemador, así como al transporte de leche. En Ayaviri, en cambio, las emisiones directas provinieron únicamente del uso de diésel en el transporte de leche cruda (7 galones) y en el funcionamiento del caldero (12 litros diarios).

Las emisiones de alcance 2 (electricidad) también fueron levemente superiores en el estudio de Gonzales, con 18.11 g CO_2 eq más que en Ayaviri. Esto se explica en que Gonzales cuantificó el consumo eléctrico por cada artefacto durante 24 horas, mientras que en esta investigación se utilizó el registro del medidor general de la planta, que solo incluye el caldero y las bombas. Sin embargo, la diferencia sigue siendo marginal, sobre todo si se compara con la planta española de Canellada et al. (2019), donde las emisiones de alcance 2 llegaron hasta 1.5 kg CO_2 eq.

En conjunto, los resultados permiten afirmar que, si bien los valores absolutos de huella de carbono difieren entre estudios, las mayores emisiones tienden a concentrarse en el alcance 3, especialmente por el impacto de las materias primas. Esto resalta la necesidad de abordar la huella desde una perspectiva integral y contextualizada. Como señalan Condori y Fuentes (2023), más que establecer comparaciones absolutas, estos análisis deben enfocarse en comprender las particularidades de cada sistema productivo. La sostenibilidad no puede evaluarse de forma aislada ni mediante criterios estandarizados, sino considerando el contexto local, el tipo de producción de leche y manufactura. Este enfoque no solo permite una interpretación más justa de los resultados, sino también el diseño de estrategias de mitigación adecuadas y realistas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Si el análisis se limitara únicamente al proceso productivo (alcance 1), no sería posible identificar con precisión las principales fuentes de emisión, lo que dificultaría la aplicación de medidas efectivas. No obstante, Salas et al. (2021) señala que excluir las emisiones externas, como las asociadas al consumo de leche, puede ser útil para analizar con mayor detalle las emisiones directas de la empresa. Este enfoque, sin embargo, no fue aplicable en el presente estudio, ya que la quesería evaluada no cuenta con una medición de los elementos de salida del proceso de manufactura, a diferencia del caso reportado por Salas.

En síntesis, el enfoque integral adoptado en esta investigación no solo permite visibilizar el verdadero peso del alcance 3, sino que también reafirma la necesidad de mejorar el registro y la trazabilidad de los insumos desde etapas previas a la transformación del producto.

4.3.3. Análisis de puntos críticos de emisión en la producción de queso tipo paria

La Gráfica en la Figura 49 indica el porcentaje de las contribuciones de emisiones de CO_2 eq. por actividad. Es el consumo de materias primas con un 83.97% la actividad con mayor aporte de emisiones, seguido por la distribución del producto con un 13.39% de emisiones. El 2.16% de emisiones corresponde al transporte interno y externo de insumos. El 1.33% del total de emisiones es producto de las emisiones directas de la empresa. Mientras que las emisiones del consumo de energía y limpieza tienen un porcentaje casi mínimo en su aporte a la huella de carbono total.

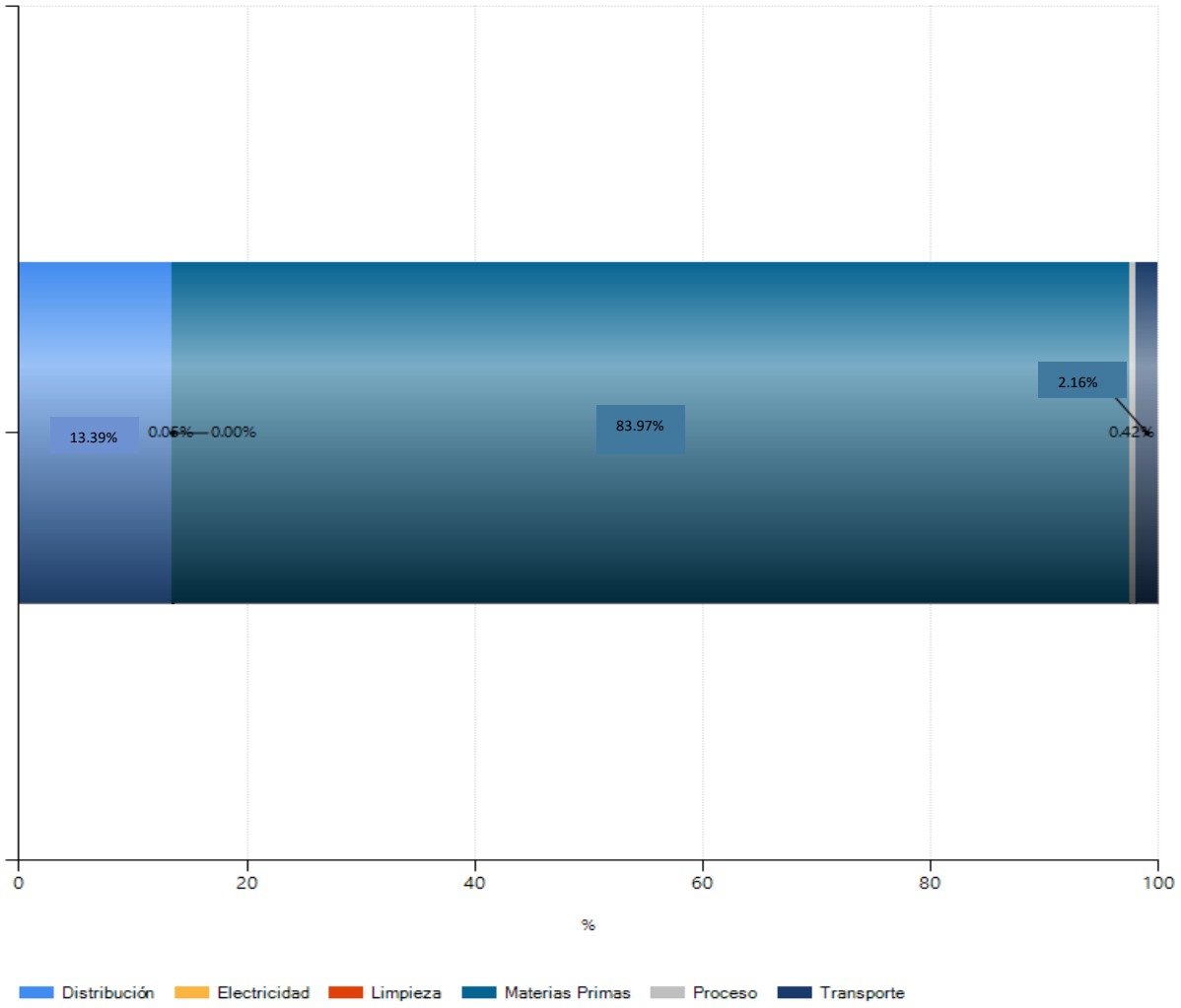
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 49

Distribución porcentual de las emisiones en el proceso productivo



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

La **Figura 50** representa los aportes en gramos de CO_2 eq. correspondientes a todos los elementos de entrada en el proceso productivo de queso paria. Las materias primas; en este caso la leche, sal y cloruro de calcio, representan el aporte más significativo con 6 883 gramos de CO_2 equivalente. Por otro lado, la distribución del queso paria manufacturado de parte de los compradores de la empresa representa el segundo mayor aporte a la huella de carbono con 1.097.66 g de CO_2 eq. En tercer lugar, se encuentra el transporte de sal y leche con una contribución de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

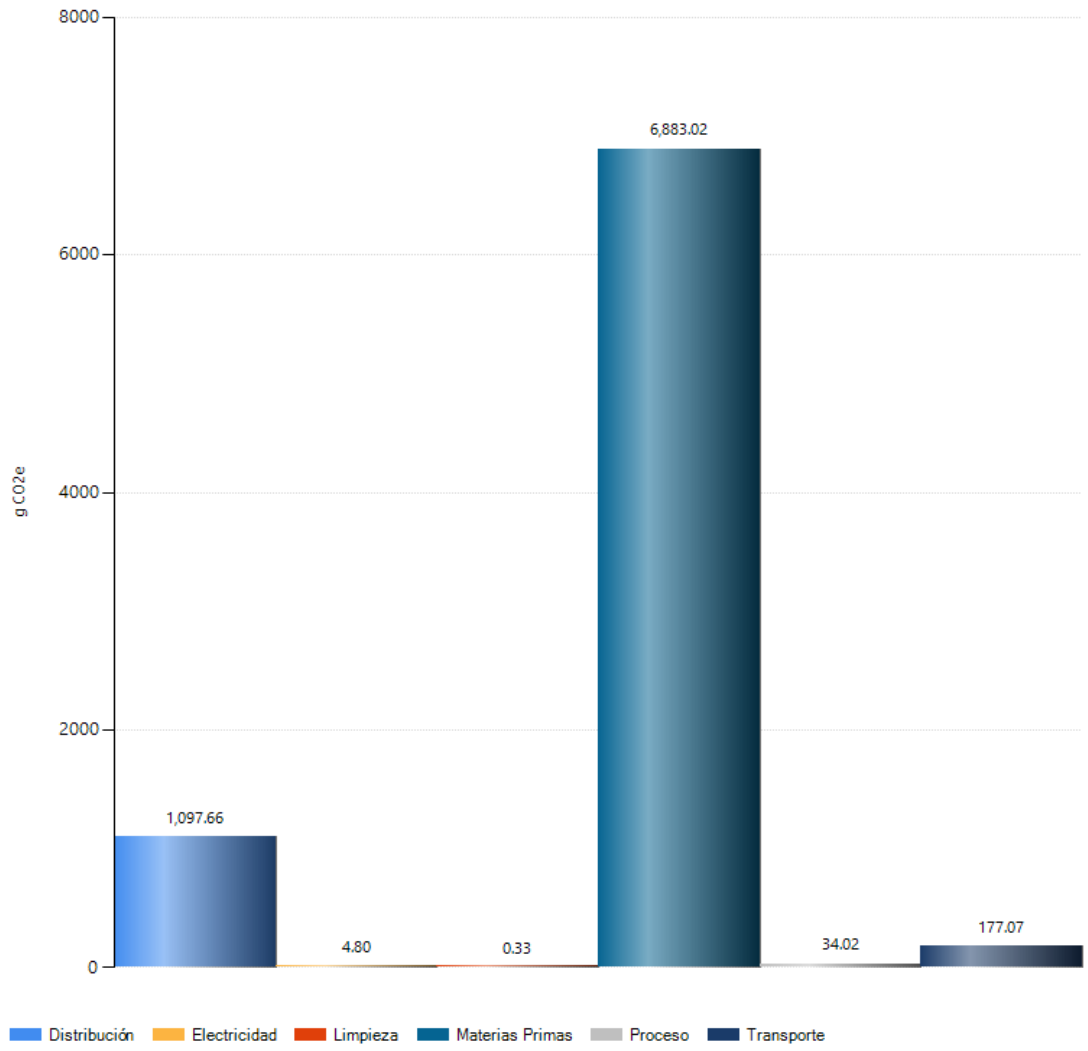
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

177.07 gramos de CO_2 eq. A pesar de realizar un consumo constante en combustibles para la producción de vapor para la pasteurización de la leche aporta con 34.02 g de CO_2 eq. Los últimos aportes lo realizan el consumo de energía eléctrica en el quemador del caldero y los ventiladores en la planta de maduración con 4.80 g de CO_2 eq. y el uso de insumos de limpieza como lejía y detergente con 0.33 g de CO_2 eq.

Figura 50

Gráfica de emisiones por actividad en g de CO_2 eq.



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Por otro lado, la **Figura 51** incluye el aporte de emisiones de carbono equivalente por cada elemento involucrado en la producción de queso paria. Al igual que en la anterior gráfica, es la leche con 6.86 kg de CO_2 eq. Que aporta más a la huella total del queso paria, seguida por el transporte de venta por el distribuidor con 1.10 kg de CO_2 eq. El transporte del proveedor de leche de Espinar más el transporte interno de leche y el transporte de sal suman 0.18 kg de CO_2 eq. El consumo de sal es una cantidad casi insignificante con 0.02 kg de CO_2 eq. así como la producción de vapor por el caldero con un valor de 0.03 CO_2 eq.

A la diferencia de la Figura 46 donde los valores en emisiones de CO_2 eq. se encuentran en gramos para más detalle, aquí podemos tener valores reales en kilogramos lo que hace ver que el aporte de otros elementos fuera de la leche y el transporte no realizan un aporte significativo en la huella de carbono.

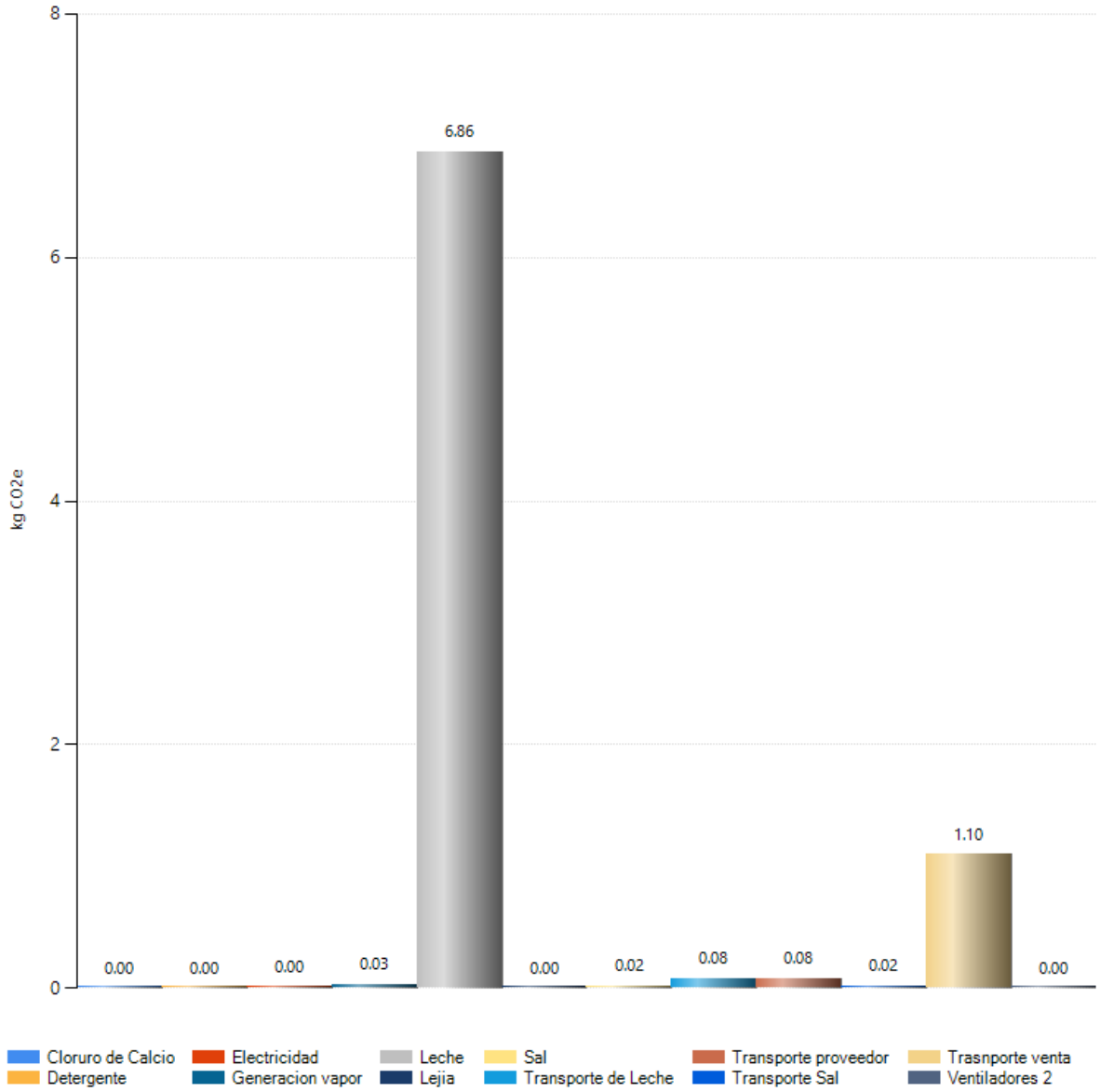
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 51

Gráfica de emisiones por actividad en kg de CO_2 eq.



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Con respecto a las emisiones provenientes el consumo de materias primas. La figura 52 muestra la cantidad de CO_2 equivalente, producto de la leche corresponde a 6.8630 CO_2 equivalente mientras que la sal emite 0.0196, y 0.0004 de CO_2 equivalente respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

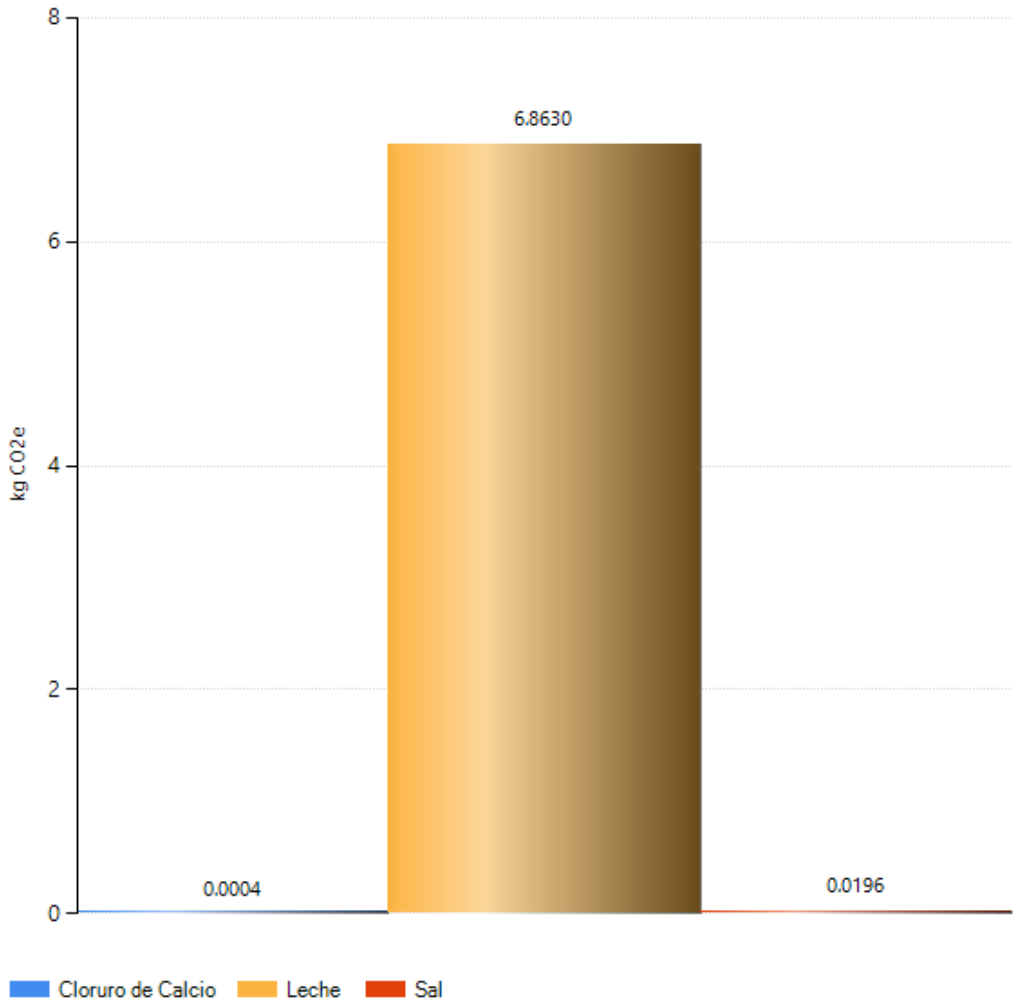
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Evidentemente las emisiones de la leche son superiores a las que corresponden a las otras dos materias primas

Figura 52

Emisiones por consumo de materias primas



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

El consumo de leche corresponde al 6.86 kg de emisiones de carbono, lo que corresponde al 99.71% de emisiones por materias primas. En menor medida el consumo de cloruro de calcio aporta el 0.01% del total a la huella de carbono. La sal aporta el 0.28% de emisiones o en este caso 19.55 gramos de CO_2 eq. (Figura 53).

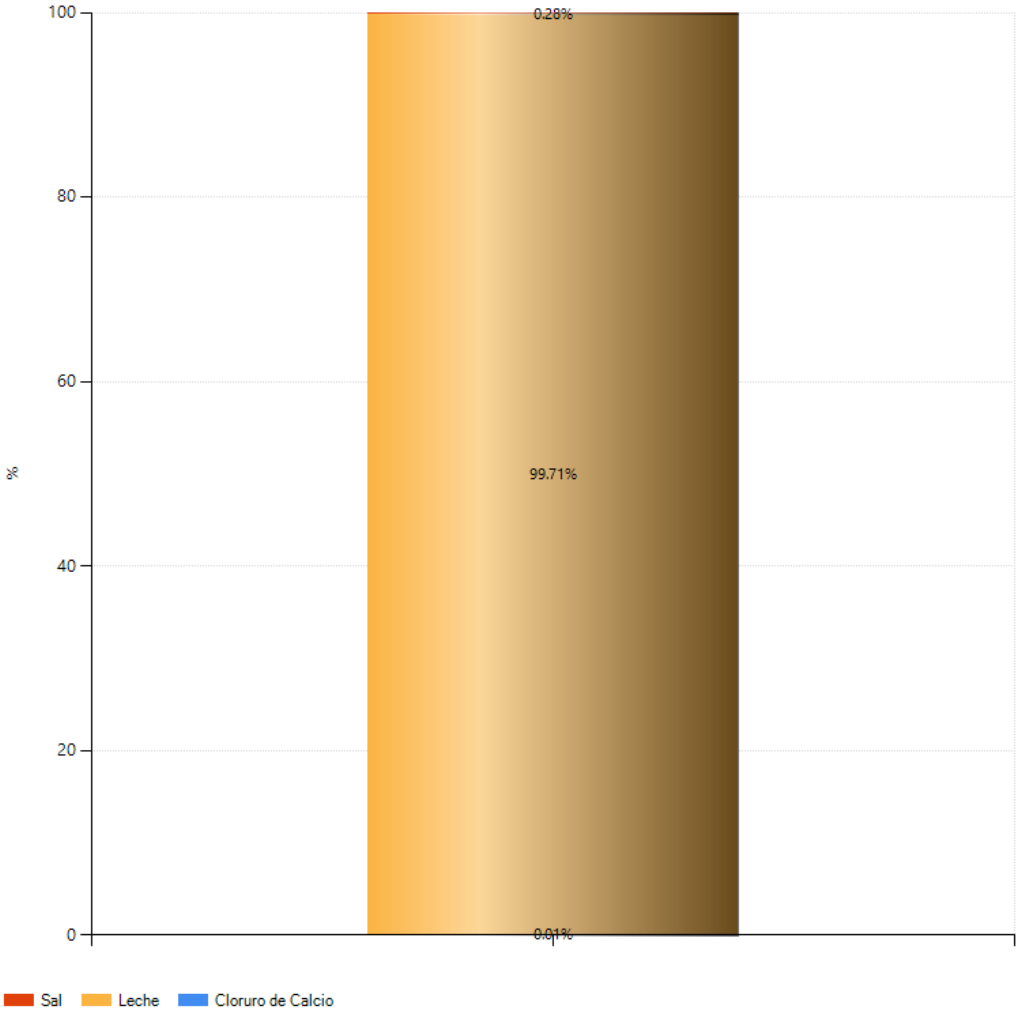
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 53

Porcentaje de aporte de emisiones por consumo de materias primas



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

El uso de elementos de limpieza para la higiene de la zona de operaciones consistió en el consumo de lejía con una huella de 0.26 g de CO 2 eq. Mientras que el consumo de detergente dio un aporte mucho menor a la huella con 0.07g de CO_2 eq. Esto está directamente relacionado con el reducido consumo de limpieza en lo que respecta un ciclo de vida (Figura 54).

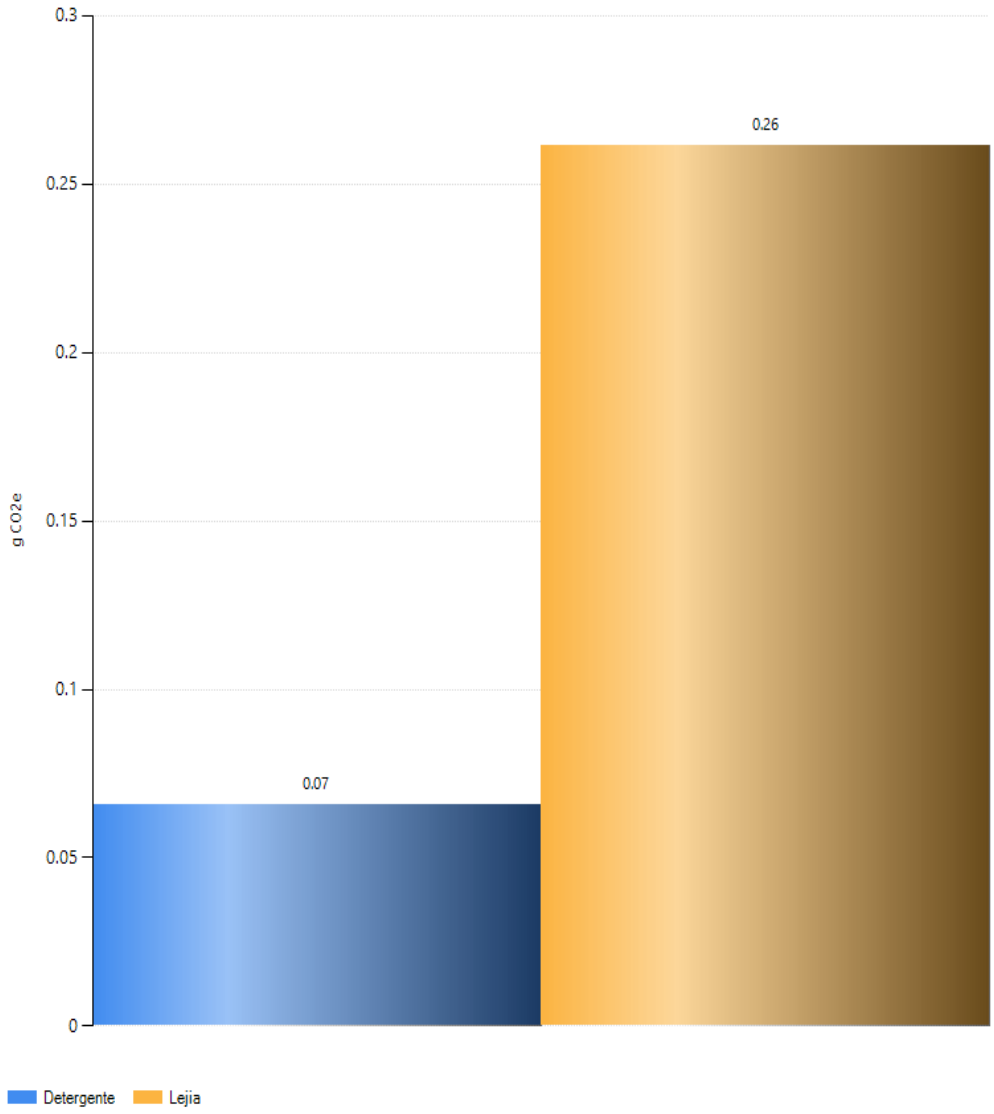
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 54

Emisiones por consumo de implementos de limpieza



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

La gráfica describe los gramos de emisiones de CO_2 equivalentes que correspondientes al transporte de materias primas para la elaboración del queso. El transporte de la sal, que proviene directamente de San Juan de Salinas a 77 km de distancia de la planta, aporta con 10.72 gr de CO_2 equivalente. Mientras que el transporte de la leche de parte de la planta aporta el 75.12 gr de CO_2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

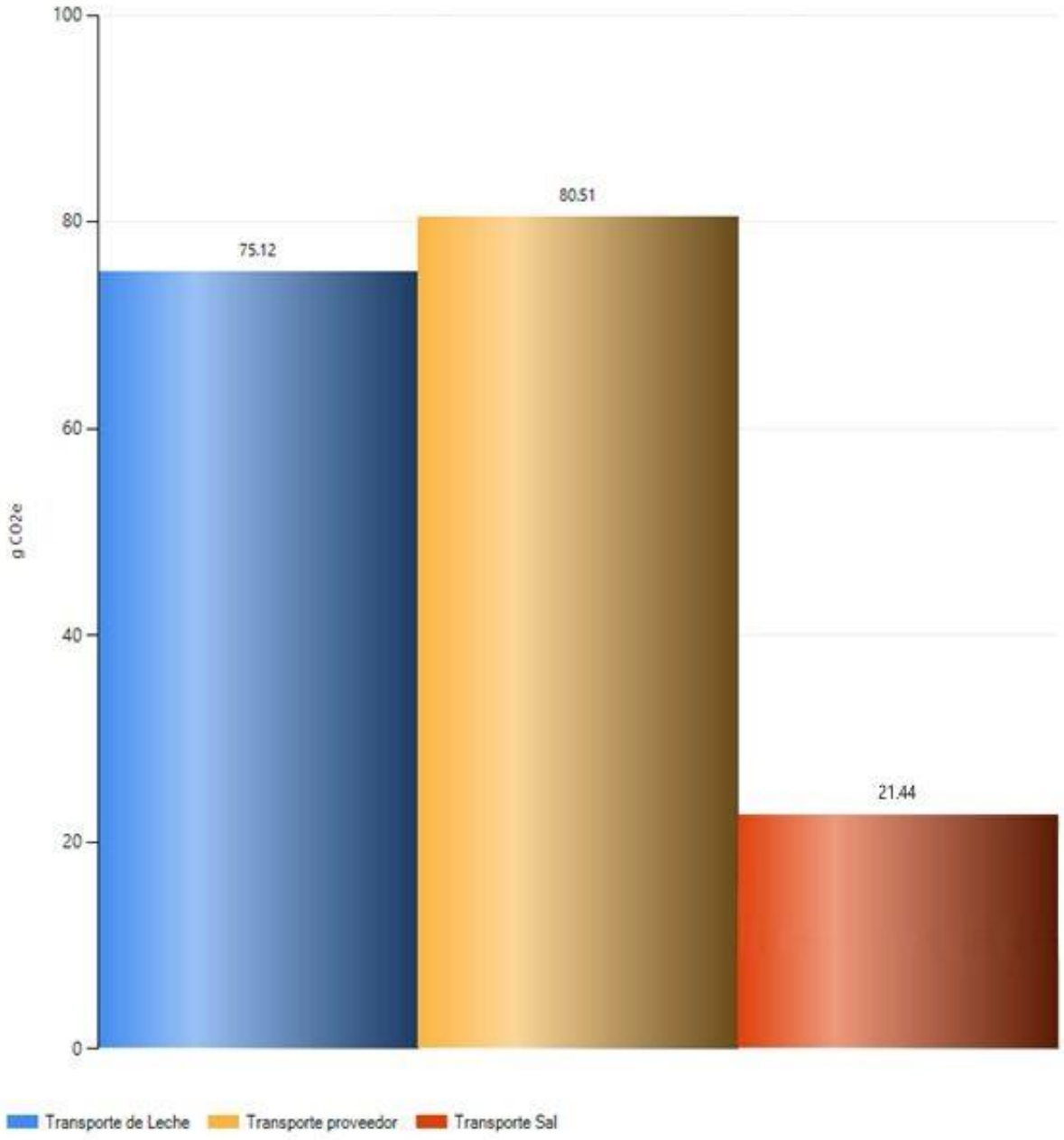
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

eq. Por otro lado, el transporte de la leche de parte de su distribuidor ubicado en Espinar a 116 km de distancia de la planta suma 80.31 gramos de emisiones de CO_2 equivalente (Figura 55).

Figura 55

Emisiones por el transporte de materias primas



Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo. Software: Air.e HdC (2024).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a. Aporte de materias primas

Con base en los resultados obtenidos y el análisis previo, se puede afirmar que el consumo de materias primas, específicamente leche cruda, constituye el mayor aporte a la huella de carbono del queso tipo paria. Este hallazgo es congruente con el hecho de que otros insumos, como la sal y el cloruro de calcio, no superan los 20 gramos de CO_2 eq. por kg de producto, y su impacto en la huella es prácticamente el mínimo.

En esta investigación, la leche cruda representa el 83.73% de la huella total, uno de los porcentajes más altos entre los estudios comparados (ver Figura 56). Este valor se encuentra dentro del rango reportado por diversos autores: Kim et al. (2013) y Gosalvitr et al. (2019) estimaron entre 60% y 86%; Simonetto et al. (2015), Canellada et al. (2019) y Rossi et al. (2024) encontraron aportes de 64.4%, 70% y 75%, respectivamente.

Aunque cada estudio aplicó un enfoque "de la cuna a la tumba", las diferencias en las etapas consideradas explican las variaciones observadas. Por ejemplo, Kim et al. (2013) incluyeron fases de venta minorista, consumo y disposición de residuos, mientras que Rossi et al. (2024) incorporaron datos de consumo doméstico y tratamiento de residuos sólidos. En el caso de esta investigación, el límite del sistema incluyó únicamente la distribución hacia Lima como parte del alcance 3.

Incluso estudios de "cuna a puerta" como los de Gonzales (2018) y Suni (2018), realizados en Arequipa, llegan a la misma conclusión: las materias primas son el principal punto crítico, con un aporte del 77.16% y 85.12%, respectivamente. Esto valida los resultados obtenidos en Ayaviri y confirma un patrón común en la producción de queso a pequeña y mediana escala.

Esta alta carga ambiental asociada a la leche está estrechamente relacionada con diversas actividades del sistema ganadero, entre ellas:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

el cultivo de forrajes, el uso de fertilizantes, el consumo energético en el ordeño mecánico, el empleo de maquinaria agrícola y el uso de combustibles fósiles (Rossi et al., 2024; Canellada et al., 2019).

Además, dos fuentes clave de emisiones dentro del proceso ganadero son la fermentación entérica y la gestión de estiércol. Ambas están fuertemente influenciadas por el tipo de alimentación bovina, particularmente por la alta proporción de fibra en los forrajes, lo cual incrementa la generación de metano (CH_4), un gas de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global (Kim et al., 2013).

No obstante, muchos de los estudios internacionales revisados utilizaron leche proveniente de vacas Holstein, mientras que en el sur del Perú predominan razas como la criolla y la Brown Swiss. Esta diferencia limita la comparabilidad directa de los resultados, ya que el rendimiento lechero, las condiciones de crianza y la intensidad de emisiones varían significativamente según el tipo de ganado (Condori y Fuentes, 2023)

En ese contexto, el rendimiento de la leche resulta un aspecto determinante teniendo en cuenta que Suni y la presente investigación aplicaron factores de emisión similares. Suni reportó 11.54 kg de leche/kg de queso, mientras que en Ayaviri se emplearon 7.46 kg de leche/kg de queso (ver Tabla 17). Esta diferencia se relaciona con el contenido de grasa y proteína en la leche, lo cual, de acuerdo con Huamaní y Morales (2022), influye directamente en las pérdidas que ocurren en el suero durante el desuerado. Factores como la etapa de lactancia de las vacas, el clima la genética y una alimentación baja en fibra y carbohidratos también condicionan el nivel de sólidos en la leche (Calvache y Navas, 2012). Sin embargo, Suni no profundiza en estas variables, del mismo modo que en Ayaviri resultó complejo obtener información sobre la alimentación y manejo del ganado debido a la dispersión geográfica de los productores y su reserva a brindar información.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

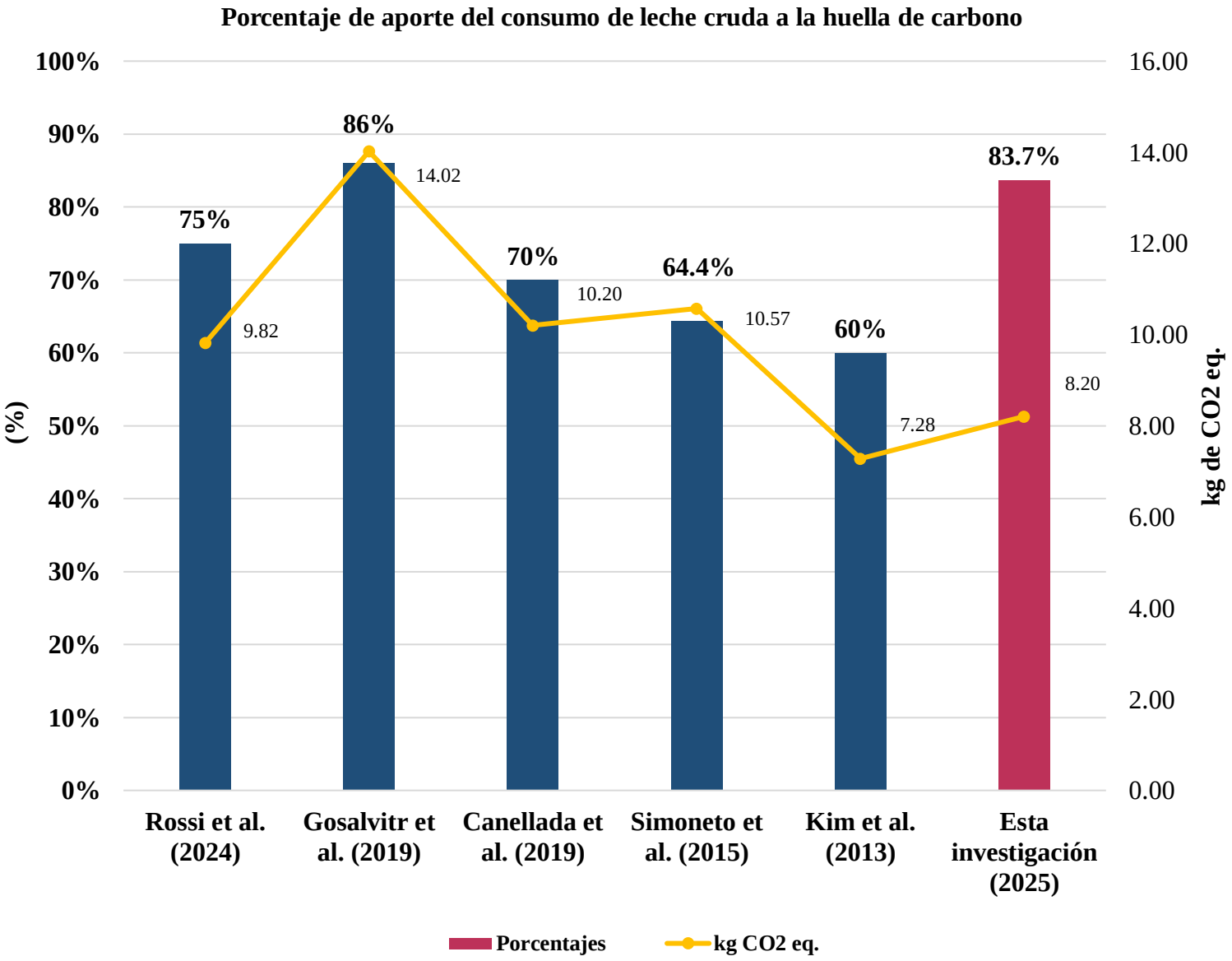
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En definitiva, si se busca una reducción significativa en la huella de carbono del queso tipo paria, las estrategias de mitigación deben centrarse en la mejora del sistema de producción lechera. Esto implica la optimización de insumos agrícolas, el rediseño de prácticas alimenticias del ganado, la reducción de emisiones entéricas y el aprovechamiento energético del estiércol, bajo un enfoque integral de sostenibilidad agropecuaria.

Figura 56

Comparación del porcentaje de aporte del consumo de aporte de leche cruda a la huella de carbono



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b. Aporte de distribución y transporte de materias primas

La distribución del queso tipo paria hacia Lima constituye la última etapa analizada del ciclo de vida del producto, y representa el segundo mayor aporte a la huella de carbono total con un 13.39%. Aunque, según la ISO 14067 (2018), estas emisiones no son responsabilidad directa de la empresa evaluada, deben ser contabilizadas al formar parte del sistema productivo.

Este significativo aporte de emisiones se debe a la larga distancia existente entre Ayaviri y Lima lo que conlleva un alto consumo de combustibles fósiles. Se estimó que esta fase genera 1.10 kg CO_2 eq/kg de emisiones. En contraste, Gosalvitr et al. (2019) reportaron que, en Reino Unido, la distribución en camiones refrigerados del queso cheddar aportó el 7% del total de su huella de carbono (14.02 kg CO_2 eq.), a pesar de realizarse en trayectos mucho más cortos (200 km), destacando que el mayor impacto se debía al uso energético de la refrigeración.

Asimismo, Rossi et al. (2024) analizaron la distribución de productos lácteos a tiendas locales a distancias menores de 50 km. Los autores mencionaron que existe una ventaja significativa en la distribución en tiendas locales puesto que ellos pudieron continuar con el análisis de ciclo de vida al encuestar a 63 consumidores. Sin embargo, en este estudio, teniendo en cuenta la distancia y el amplio mercado de distribución del queso la tarea de recolección de datos, no era viable debido al acceso de información.

En cuanto al transporte externo de materias primas, las emisiones producto de estas actividades corresponden al 1.24% del total de emisiones. Este valor responde al consumo de combustibles utilizado para el abastecimiento extra de leche e insumos desde Espinar, y San Juan de Salinas, ubicados a 116 y 77 km (ver Figura 51). Si bien estas emisiones no dependen de las operaciones de la empresa si se cuantificaron a diferencia de Suni (2018) quien omitió las emisiones producto del transporte externo de leche.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El transporte interno de leche, al formar parte de las actividades operativas de la empresa, constituye una fuente de emisiones directa. Se estimó que representa el 0.92% de las emisiones totales, un resultado cercano al reportado por Gonzales (2018), quien obtuvo 0.41% debido al uso exclusivo de una van a gasolina. En contraste, la planta de Ayaviri emplea un mayor número de vehículos: tres camionetas y cuatro motocicletas, con un consumo diario aproximado de 7 galones de diésel, lo que explica el incremento proporcional en este componente.

Este resultado evidencia que, aunque se trate de una fracción mínima del total, el transporte interno constituye una oportunidad de reducir emisiones a través de mejoras técnicas.

c. Aporte de Proceso de pasteurización

La etapa de pasteurización y lavado de la cuajada en la planta de Ayaviri representa el 0.42% de las emisiones totales, debido al uso de vapor generado por una caldera alimentada con petróleo (ver Figura 45). Aunque este valor pueda parecer marginal, no se debe ignorar, ya que en la planta no se realiza un monitoreo técnico regular de la eficiencia del equipo, lo que podría derivar en un consumo innecesario de combustible y en emisiones evitables por fugas de vapor.

En contraste, Gosalvitr et al. (2019) reportaron un valor ligeramente mayor (0.86%) para esta misma etapa en plantas del Reino Unido, aunque con un enfoque más tecnológico. En su caso, se utilizaron calderas de alta eficiencia alimentadas con biogás, además de sistemas de recirculación de vapor que redujeron el uso de energía térmica adicional. Esta comparación pone en evidencia que, incluso para etapas con bajo peso porcentual, la eficiencia operativa y el tipo de combustible pueden marcar una diferencia significativa en la huella de carbono del producto final.

d. Aporte de Consumo energético

El consumo energético en la planta de Ayaviri representó apenas el 0.06% del total de emisiones, un valor coherente con su infraestructura técnica y el uso limitado de equipos eléctricos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las fuentes emisoras fueron el quemador de la caldera, tres bombas de agua y los ventiladores utilizados en la maduración.

En comparación, Suni (2018) reportó un aporte energético inferior al 1% en una planta artesanal que contaba con mayor infraestructura eléctrica (bombas, prensadoras, cámara de almacenamiento), el consumo energético representó un aporte menor al 1% de la huella total. Lo que refuerza el punto de que, incluso con un equipamiento más demandante, el consumo eléctrico no constituye un punto crítico de emisiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 20

Resumen de resultados obtenidos

Etapa	Emisión en g de CO_2 eq. /1 kg queso	% del total de huella de carbono	Alcance
Producción de leche cruda	6 863.06	83.73	Alcance 3
Materias primas adicionales	19.98	0.24	Alcance 3
Insumos de limpieza	0.33	0.00	Alcance 3
Distribución del producto final	1 097.66	13.39	Alcance 3
Transporte interno de insumos	75.12	0.92	Alcance 1
Transporte externo de leche	80.51	0.98	Alcance 3
Transporte externo de insumos	21.44	0.26	Alcance 3
Consumo energético en planta	4.80	0.06	Alcance 2
Producción de vapor	34.02	0.42	Alcance 1
Total estimado	**8.19**	**100%**	

Nota. La tabla 20 resume de forma general los resultados obtenidos por actividad realizada durante el proceso productivo de 1 kg de queso paria en gramos de CO_2 equivalente, también muestra el porcentaje representativo y su respectivo alcance al cual corresponde cada etapa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. Estrategias de mitigación de GEI aplicadas al contexto productivo de Ayaviri

En el presente estudio se determinó que la leche cruda aporta el 83.7% del total de la huella de carbono del queso tipo paria. Por ello, la estrategia de mitigación propuesta se enfoca en la reducción de emisiones asociadas a la producción lechera en el distrito de Ayaviri.

Si bien la empresa de lácteos Flor Andina S.R.L. no puede controlar directamente las emisiones generadas por la actividad ganadera y forrajera para la producción de leche al ser emisiones indirectas. No obstante, la empresa es responsable de organizarse internamente en temas de sostenibilidad y mejora, tal y como afirma Salas et al. (2021). Incorporar el enfoque de huella de carbono como un modelo de gestión y producción, e impulsar buenas prácticas ganaderas sostenibles entre sus proveedores de leche. Además, debería trabajar en optimizar sus procesos operativos, especialmente en lo referente a consumo de recursos, emisiones directas, generación de efluentes y manejo de residuos.

Las propuestas planteadas a continuación se basan en estudios nacionales representativos, complementados con referencias internacionales que, pese a las diferencias geográficas y productivas, ofrecen enfoques aplicables y adaptables al contexto de Ayaviri.

4.4.1. Planteamiento de propuesta de gestión de emisiones en la fase agrícola y ganadera de la producción de la leche

a. Aspectos relacionados a la raza de bovinos su capacidad degradativa y alimentación

La raza del ganado lechero y su régimen de alimentación son factores críticos en la generación de GEI, en especial del metano entérico y óxido nitroso (N_2O).

Kristensen et al. (2015) compararon vacas Holstein y Jersey, encontrando que las Jersey presentan menores emisiones por kg de leche: 1.05 kg CO_2 eq. frente a 1.10 kg CO_2 eq. de las

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Holstein. Además, resaltaron que una dieta rica en forrajes de alta calidad mejora la digestibilidad y contribuye significativamente a la reducción de emisiones.

En el contexto nacional, Ayaviri que es conocida como la “Capital Ganadera del Perú”, Tapia (2018) reporta la existencia de 1607 productores y que la raza más común es la Brown Swiss (71.51%), seguida de la raza criolla (27.70%). Esto es congruente con el análisis de Lermo (2022), quien identificó que un 34.07% de las vacas en Puno eran de raza Brown Swiss, resaltando su adaptabilidad a climas fríos y su producción de leche con alto contenido de grasa y proteína.

Bolovich (2018) quien evaluó la influencia de los periodos de lactación, alimentación en temporada húmeda y seca en las emisiones de metano entérico en vacas Brown Swiss, concluyó que el metano entérico emitido por kilogramo de leche corregida de vacas en lactación temprana en temporada húmeda fue menor a las emisiones producto de vacas en lactación tardía en temporada seca.

En ese sentido, Ocas (2019) comparo emisiones de CH_4 entre vacas Holstein y Brown Swiss y determinó que las vacas Brown Swiss eran aquellas que menores emisiones de metano producían siendo 55.698 kg CH_4 $vaca^{-1}$ $año^{-1}$ menos que las vacas de raza Holstein, como muestra la Tabla 21, lo que reafirmaría su menor impacto en el ambiente. Este estudio también subraya que la alimentación influye notablemente en la generación de GEI, aunque advierte que la variabilidad de raza, dieta y altitud requiere estudios específicos por región para asegurar que las estrategias sean realmente eficaces.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 21

Comparativa de emisiones por raza de bovinos

Raza	Emisiones de metano
Holstein	305.818 kg CH_4 $vaca^{-1}$ $año^{-1}$
Brown Swiss	251.120 kg CH_4 $vaca^{-1}$ $año^{-1}$

Nota. Tomado de *Emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown Swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado*, por Ocas Gonzales, P. M., 2019.

b. Mejora en los cultivos forrajeros para la reducción del metano entérico

La alimentación del ganado bovino representa una de las principales fuentes de emisiones de metano entérico (CH_4), especialmente cuando la calidad del forraje es baja y su digestibilidad deficiente. En la región de Puno, la base alimenticia ganadera consiste principalmente en avena forrajera (fresca o henificada) y alfalfa dormante, esta última utilizada sobre todo en la temporada húmeda como fuente proteica (Rivera y Vargas, 2016).

Haro y Gómez (2018) evaluaron estrategias de mitigación en tres distritos de Puno, comparando un sistema alimenticio tradicional con uno mejorado. El sistema típico en temporada seca se basa en pastizales naturales, mientras que en temporada húmeda predomina relativamente el uso de alfalfa fresca. La propuesta mejorada consistió en aumentar la proporción de alfalfa y ensilado de avena, reduciendo el uso de heno. Esta modificación logró reducir las emisiones de CH_4 en un 7% (g CH_4/kg leche) e incrementar la producción de leche en un 2%. No obstante, el incremento de costos, particularmente por la alfalfa y el manejo del ensilado, representa una barrera económica, sobre todo para pequeños productores. En Ayaviri, donde predominan unidades ganaderas familiares con bajos volúmenes de producción, esta estrategia requeriría apoyo técnico y económico para ser viable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 22

Escenario de mitigación de metano entérico con un sistema mejorado de alimentación en Puno

Parámetros	Sistema típico	Escenario de mitigación de metano entérico
Producción de leche (kg/lactancia)	**1,480**	**1,511**
Producción de leche promedio (l/vaca/día)	7	7.1
Margen bruto (USD/lactancia)	197	132
Costo de producción (USD/kg)	0.12	0.16
Emisión total de metano(kg/año)	112	99
Metano (g/kg leche)	**41**	**38**

Nota. Tomado de *Mitigación de emisiones provenientes de la ganadería en la región andina*, por Haro Reyes, J., & Gómez Bravo, C., 2018.

Por su parte, Roque et al. (2014) propusieron un concentrado fibroso formulado con residuos agroindustriales como broza de cañihua, totora, tortas de algodón y soya, melaza de caña y harina de pescado, además del típico heno y ensilado de avena. Esta dieta mejoró significativamente la digestibilidad y aumentó la producción lechera en 2 kg/día, reduciendo las emisiones de CH_4 en un 17% (Mol/kg leche) por unidad de producto.

El uso de piensos con alta densidad y contenido proteico ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir las emisiones por litro de leche producido (Condori & Fuentes, 2023; Prenafeta & Fernández, 2021). Asimismo, se ha demostrado que, durante la temporada seca, las emisiones de CH_4 aumentan debido a la menor disponibilidad de estos forrajes, por lo que las estrategias de mitigación basada en la mejora de alimentos deben enfocarse principalmente entre mayo y setiembre, meses críticos en Ayaviri.

La estacionalidad obliga a pensar en un enfoque comunitario e institucional. El MIDAGRI (2017) con su plan de ganadería sostenible proyectado entre el periodo 2017 – 2027 resalta la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

necesidad de participación de las autoridades locales y regionales para promover el manejo sostenible del alimento bovino su crianza y asegurar la implementación de mejoras en zonas rurales para una mejor producción de leche. Sin este apoyo, las medidas propuestas difícilmente podrán aplicarse de forma sostenida.

c. Gestión de estiércol

El estiércol bovino es una fuente significativa de GEI, particularmente CH_4y N_2O, cuando se acumula en condiciones húmedas o confinadas lo que favorece a su descomposición anaeróbica. Generalmente, en la práctica ganadera el estiércol es almacenado sin tratamiento o utilizado directamente como abono fresco. Frente a esto, el compostaje estandarizado se presenta como una alternativa viable y doblemente beneficiosa: permite la estabilización del estiércol y su transformación en fertilizante orgánico, y además reduce emisiones de GEI al secuestrar carbono y sustituir fertilizantes sintéticos (Alvarado et al., 2022). En México se aplicó una mejora de abono a base de estiércol vacuno, maíz y garbanzo forrajero, mostrando resultados positivos al mejorar la relación entre planta, suelo y humedad (Osuna et al., 2015).

En Puno, Condori (2023) menciona que la aplicación del estiércol como fuente de abono en forma de biol es un aspecto conocido para los productores, pero que no era muy aplicado. No obstante, si tienen el hábito de aplicar el estiércol semi seco para la mejora de sus propios cultivos de avena forrajera puesto que la cantidad de estiércol no les abastecía para la venta. Por lo que para mejorar el sistema de gestión de estiércol sería necesario implementar medidas de control de olor y emisiones al cubrir el estiércol y almacenarlo para futuro abono. Prenafeta y Fernández (2021) recomiendan que de mantener el estiércol cubierto en pilas o con paja puede reducir las emisiones de amonio (NH_3), CH_4 y N_2O, pero que si se cubrían las deyecciones con plástico esto podría resultar contraproducente al incrementar las emisiones de CH_4 y N_2O.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por otro lado, en el distrito de Cabana en Puno, Quispe (2023) evaluó el uso combinado de estiércol vacuno y lactosuero como insumo para la producción de biogás y biol, concluyendo que una mayor proporción de estiércol mejora el pH del sistema anaeróbico y permite aprovechar residuos que usualmente se desechan. La autora concluyó que ambos subproductos (biogás y biol) son aplicables al contexto rural andino y fortalecen la economía circular.

En ese sentido, Guevara (2025) analizó la viabilidad económica de instalar un biodigestor en zonas rurales de Cajamarca. El sistema propuesto, de tipo anaeróbico vertical con domo semiesférico, requería una inversión inicial de S/. 18 208.60, con costos totales en cinco años de S/. 543 576. Sin embargo, los ingresos proyectados por venta de biogás alcanzaban S/. 1 274 192.00, vendiendo bolsas de 500 g a S/. 8.00.

Mientras que, a nivel ambiental, se estimó una producción diaria de 194.9 kg de CH_4, con una producción anual de 70 176.132 kg, y un impacto ambiental moderado inferior al 38%.

Tabla 23

Viabilidad económica de la propuesta de biodigestores en zonas rurales

Inversión inicial S/.	Costos totales (5 años) S/.	Venta de producto 500 g S/.	Ingreso de venta (5 años) S/.
18 208.60	**543 576**	**8**	**1 274 192.00**

Nota. Tomado de *Propuesta de biodigestores en las zonas rurales para producir biogás a partir del estiércol del ganado vacuno*, por Guevara Diaz, E. A., 2025.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Aunque estas cifras son alentadoras teniendo en cuenta el contexto similar, su replicabilidad en Ayaviri debe analizarse con cautela. Muchos productores operan en zonas aisladas, con limitada infraestructura y acceso al mercado. No obstante, la implementación de biodigestores, en tanto generen beneficios económicos claros, representa una estrategia viable de mitigación y valorización de residuos, sobre todo si se estructura a nivel comunitario.

4.4.2. Capacitaciones y cursos instructivos con el fin de concientizar de la importancia de la huella de carbono

a. Capacitaciones internas a los miembros de la empresa

Una vez establecida la línea base de su huella de carbono a base de este estudio, la empresa puede implementar capacitaciones regulares para el personal. Se sugiere que sean capacitaciones bimestrales, y también aprovechar fechas importantes como El Día Mundial del Queso y del Medio Ambiente. Esto no solo fortalece la comprensión del impacto ambiental de sus actividades y de la industria láctea en general, sino que también promueve mejoras en la eficiencia operativa y en el registro riguroso de datos clave. Una organización consciente de su impacto ambiental puede aplicar controles rigurosos sobre el uso de combustibles, consumo energético, adquisición de insumos y actividades logísticas. También puede exigir requerimientos que garanticen la calidad del transporte a sus proveedores y distribuidores, fortaleciendo su compromiso con la sostenibilidad en la cadena de valor del queso.

Adicionalmente, Flor Andina S.R.L. puede optar por registrar sus emisiones a nivel organizacional en la plataforma oficial “Huella de Carbono Perú” del Ministerio del Ambiente, demostrando de forma voluntaria su compromiso con el medio ambiente y la sociedad al ingresar datos de actividad y resultados. Puesto que incluso existe un manual detallado en que se explica el cómo contabilizar las emisiones y reportarlas adecuadamente (Morales, 2021).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b. Aplicación de la ISO 14064 -1 para determinar la huella de carbono de la organización

La norma ISO 14064-1 establece directrices y requerimientos para la cuantificación y reporte de (GEI) a nivel organizacional. Para su aplicación en Flor Andina S.R.L., se deben considerar los siguientes aspectos:

- ***Definición de límites organizacionales y operativos:*** La empresa está representada legalmente por su gerente o en este caso su dueña, y las decisiones clave se toman en sus dos instalaciones: la planta de producción y la planta de maduración.
- ***Identificación de fuentes emisoras, clasificadas según el GHG Protocol (2004):*** Para ello la organización debe de tener en claro cada uno de sus alcances.

- Alcance 1: emisiones directas (uso de gas para la cocción de alimentos del personal, consumo de combustibles para el transporte de materias primas, y actividades operativas etc.)
- Alcance 2: emisiones indirectas por consumo de electricidad (iluminación, bombas de agua, caldero a vapor y la pasteurizadora)
- Alcance 3: emisiones indirectas asociadas a insumos y el respectivo consumo de combustible que implicó su traslado, el transporte de cada uno de los miembros del personal, empaques e implementos de la empresa, distribución del producto.

- ***La cuantificación de emisiones:*** Se deben aplicar factores de emisión confiables, como los del IPCC. Para mayor precisión y validación, se recomienda usar un software especializado como Air.e HdC, utilizado en esta investigación.
- ***Gestión de calidad del inventario:*** Implica un registro claro, ordenado y sistemático de datos clave: leche adquirida, combustibles usados, insumos comprados, producción de queso, consumos de electricidad, agua, así como la alimentación del personal. Esta información puede

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

registrarte en un archivo de Excel para garantizar un control constantemente actualizado a diferencia de un cuaderno que puede provocar la pérdida de información valiosa.

- ***Reporte y comunicación:*** Aunque la fiscalización en términos ambientales y productivos en Ayaviri es limitada y existe informalidad en el sector, la empresa puede elaborar un reporte interno que resuma sus emisiones, proponga mejoras y muestre los resultados positivos de estos esfuerzos mediante un periódico mural informativo en su sala de reuniones. De esta forma se hace participe y compromete a los operadores a seguir manteniendo el enfoque sostenible en la organización.

- ***Propuestas de mejora:*** La norma incentiva el monitoreo constante y la formulación de estrategias para reducir emisiones. Estas acciones como la reducción de consumo energético y de agua, la mejora en sus procesos con el control del vertimiento de efluentes como el suero. U otras medidas como implementar el transporte compartido entre trabajadores una propuesta sugerida por Naveira et al. (2018).

c. Capacitaciones externas a productores lácteos, proveedores y distribuidores

Las capacitaciones externas son una actividad posterior en la que la empresa una vez siendo consiente y responsable de sus emisiones de GEI también puede impartir estos conocimientos adquiridos a los productores de leche, proveedores de otros insumos y distribuidores con los que se encuentra asociada.

Flor Andina S.R.L. ya cuenta con experiencia brindando instrucción técnica básica, lo cual respalda la viabilidad de extender esta iniciativa (Anexo 6). Los futuros talleres externos pueden abordar temas importantes como:

- Manejo adecuado del estiércol, promoviendo el compostaje o el uso de biodigestores como fuentes de biocombustible.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Mejora en la alimentación del ganado, mediante piensos con alto contenido de fibra fresca, para reducir la producción de metano entérico.
- Prácticas productivas con menor huella ambiental, alineadas a estándares voluntarios o requerimientos del mercado.

Por otro lado, la empresa puede ser más exigente con sus proveedores de insumos asi como los distribuidores de queso producido. Desde exigencias mínimas como el reporte del consumo de combustibles y kilometrajes, y revisiones técnicas constantes.

4.4.3. Oportunidades de mejora en el proceso operativo de producción de queso tipo paria en la planta de lácteos Flor Andina S.R.L.

a. Gestión en las emisiones por consumo de combustibles

Algo que se observó en Flor Andina S.R.L. es que sus cuatro motocicletas no se encontraban en buen estado, y el registrador de kilometraje estaba averiado. Es necesario realizar revisiones técnicas y mantenimiento constante tanto a motocicletas como a camionetas, ya que, además de poner en riesgo a sus operadores, tener vehículos antiguos transitando por carreteras no pavimentadas implica una mayor quema de combustible y, por ende, mayores emisiones de GEI. Además, la empresa utiliza gasolina de 84 octanos, una de las más contaminantes y con alto índice de nocividad (MINAM, 2024). Por ello, se recomienda una transición progresiva hacia combustibles más limpios, como el Gas Licuado de Petróleo (GLP).

b. Manejo del suero

Respecto al manejo del suero, si bien no se pudo estimar las emisiones de GEI generadas por su vertimiento directo al sistema de alcantarillado, sí se puede considerar su impacto ambiental como subproducto del proceso operativo de elaboración de queso. Por lo tanto, plantear medidas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

para su manejo y control resulta relevante, ya que es parte del sistema productivo y no debería ser ignorado (Salas et al., 2021).

Investigaciones como las de Gosaltvr et al. (2019) han demostrado que es posible transformar el suero en biomasa como fuente de energía para la producción de queso, reduciendo hasta en 1 kg de CO_2 eq. la huella de carbono. De forma similar, Quispe (2023) aplicó el suero en la producción de biogás y, pese a su alta tendencia a la acidificación, logró estabilizar el pH al mezclarlo con estiércol bovino en una proporción de 7:3. Este punto es reforzado por Condori (2023), quien señala que el suero requiere un tratamiento más exigente debido a su pH más bajo en comparación con el suero dulce, aunque igualmente puede ser aprovechado como fuente de biogás.

En el contexto de Flor Andina S.R.L., una fracción del suero dulce se recircula en la etapa de salado, y otra parte se vende a productores de leche para alimentar cerdos. Sin embargo, actualmente no existe data cuantificable sobre cuánto suero se destina a cada fin, ni del total generado diariamente. Por ello, lo primero es cuantificar el volumen utilizado para el salado y el destinado a la venta. A partir de ese control, se puede gestionar de forma más eficiente este efluente.

Posteriormente, la empresa podría evaluar oportunidades como la venta de suero para la elaboración de jugos nutritivos o su uso en investigaciones como base para el diseño de biopolímeros previo análisis fisicoquímico (Quille y Ordóñez, 2021). En ese sentido, aplicaciones variadas del lactosuero dentro de la economía circular también representan un medio económicamente viable para la organización.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c. Gestión de residuos sólidos

El manejo de residuos es un aspecto crítico, ya que actualmente Flor Andina S.R.L. no cuenta con un sistema adecuado para ello. Según la NTP 900.058 – 2019, las industrias lácteas no se rigen bajo la gestión de residuos municipales. Por lo tanto, es necesario implementar una segregación apropiada de empaques, sacos de sal, residuos de materias primas y residuos no aprovechables, así como su correcto almacenamiento.

También se podría evaluar el reciclaje de materiales como los sacos de sal y los envases de cloruro de calcio. Para mejorar el control, se recomienda realizar un pesaje semanal de los residuos generados y llevar un registro en una base de datos actualizada constantemente.

d. Control de consumo de agua para la limpieza

El agua extraída del pozo utilizada en las labores de limpieza no puede ser cuantificada con precisión, debido a la ausencia de medidores de agua, pero sí puede ser recirculada. Tal como propone Naveira et al. (2018), es posible implementar un sistema de captación del agua empleada en el enjuague de la caldera, moldes y otros implementos. Esta agua puede ser reutilizada en la jornada del día siguiente para el lavado de moldes, pisos y otras áreas, reduciendo así el consumo diario de agua y optimizando el recurso en la planta.

e. Estudios anuales de huella de carbono

El presente estudio, que cuantifica las emisiones de carbono equivalente por kilogramo de queso en el distrito de Ayaviri, representa una línea base importante. A partir de este trabajo, se pueden incentivar más investigaciones centradas en la industria láctea del sur del Perú.

El GHG Protocol (2004) recomienda realizar estudios anuales de huella de carbono, ya que estos permiten monitorear si las medidas correctivas están dando resultado o si es necesario adaptarlas para lograr una reducción más efectiva de las emisiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

PRIMERO. En relación con el proceso productivo del queso tipo paria, la planta Flor Andina S.R.L. procesa entre 6000 y 8000 litros de leche cruda al día, volumen representativo del promedio en plantas queseras del sur del Perú. Este rango operativo, además de ser significativo, permite considerar los resultados obtenidos como una línea base aplicable a contextos productivos similares. A pesar de ello, la planta opera bajo condiciones relativamente artesanales, evidenciadas en el uso de agua de pozo, consumo energético mesurado debido a la baja intervención tecnológica, así como la ausencia de un sistema de tratamiento de efluentes. Fue bajo un enfoque metodológico "de la cuna a la tumba", que se logró evaluar de forma integral todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde la obtención de las materias primas, su manufactura y la distribución final. Esta delimitación fue fundamental para identificar los principales flujos de entrada y salida del sistema, y garantizar así una cuantificación representativa de la huella de carbono de 1 kg de queso paria.

SEGUNDO. En cuanto al análisis cuantitativo de emisiones, la implementación del software Air.e HdC permitió una estimación detallada y gráfica de la huella de carbono por unidad funcional. Se determinó que la producción de 1 kg de queso tipo paria genera 8.20 kg de CO_2 eq., utilizando en promedio 7.46 kg de leche cruda, sin observarse pérdidas significativas de materia prima durante el proceso. Estos resultados reflejan una eficiencia operativa considerable y sitúan a la planta en una posición favorable respecto a los valores reportados a nivel nacional e internacional. No obstante, la precisión de estos valores depende de la disponibilidad y calidad de la información primaria, así como de las características propias del software empleado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TERCERO. El estudio de las fuentes de emisión dentro de la cadena de producción reveló que la leche cruda representó el insumo con mayor impacto, generando el 83.7 % de las emisiones totales (8.20 kg CO_2 eq.). La etapa de distribución contribuye con el 13.39 % (1.097 kg CO_2 eq.), mientras que el transporte interno, la producción de vapor y el consumo eléctrico resultaron menor a 120 g CO_2 eq. En ese sentido también se identificó que las emisiones por el consumo de aditivos e implementos de limpieza son poco significativas (0.24%). Por lo tanto, las medidas de reducción de emisiones planteadas se enfocaron en el tercer alcance. Asi mismo esta distribución de emisiones es coherente con hallazgos de investigaciones previas realizadas en España, Reino Unido, Brasil, y entre otros. Sin embargo, se hace hincapié en que los resultados de emisiones de GEI están condicionados por factores de emisión representativos relacionados al contexto regional como son el tipo de crianza, alimentación del ganado y sistema de manufactura.

CUARTO. Finalmente, se identificaron estrategias de mitigación alineadas con los principales puntos críticos del sistema, particularmente en el alcance 3. Las propuestas se enfocaron en la mejora del manejo de estiércol y la producción agrícola de alimentos para el ganado, consideradas factibles y sostenibles en el contexto del Altiplano. Estas acciones no solo aportan a la reducción de emisiones, sino que constituyen una base técnica para futuras iniciativas de monitoreo ambiental en la industria quesera de Puno, como puede ser al realizar un estudio de huella de carbono organizacional y reportar sus resultados en “Huella de Carbono Perú”. El presente estudio establece un punto de partida valioso para la formulación de políticas locales orientadas a la sostenibilidad en la agroindustria láctea.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1) Se recomienda profundizar el estudio de los factores de emisión asociados a la producción de leche en distintas regiones del país, considerando variables como la alimentación del ganado, manejo del estiércol y tecnología de crianza. Esto permitirá determinar qué aspectos influencian en la diferencia de dichos factores de emisión y adoptar las practicas que impliquen un menor factor de emisión a los contextos productivos locales, fortaleciendo la precisión de futuros estudios de huella de carbono en el sector lácteo.
2) Se considera necesario desarrollar investigaciones sobre la influencia de los sólidos totales en la leche en las emisiones de GEI, evaluando variables como raza del ganado, estado de lactación y tipo de alimentación, para vincular estos elementos con el contenido de grasa y proteína, el rendimiento quesero y su impacto en la huella de carbono.
3) Se sugiere promover proyectos que impulsen la alimentación sistematizada del ganado según su raza, con el fin de evaluar su efecto en la productividad de lácteos y la reducción de emisiones.
4) Se recomienda un estudio de valoración del potencial del lactosuero como subproducto aprovechable, mediante tecnologías adecuadas para su transformación en productos de valor agregado (como biocombustible, abono, bebidas nutricionales, o como aditivo para alimentación ganadera), promoviendo así un modelo de economía circular que reduzca la carga ambiental de este efluente.
5) Es oportuno incorporar de manera más amplia el Análisis de Ciclo de Vida en investigaciones de la industria láctea nacional, ya que, al ser un enfoque integral, facilita la identificación de medidas efectivas de reducción de emisiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6) Se aconseja implementar un sistema de monitoreo anual de emisiones de GEI, utilizando como línea base los resultados de esta investigación, con el objetivo de evaluar la eficacia de medidas de mitigación aplicadas y consolidar una gestión ambiental continua en la planta Flor Andina S.R.L., y que cumpla como ejemplo para otras plantas en la región.
7) Es conveniente desarrollar estudios comparativos entre softwares como GaBi, SimaPro y Air.e HdC en distintos contextos productivos, con el fin de contrastar los resultados y evaluar la variabilidad metodológica entre estas herramientas.
8) Es recomendable capacitar a investigadores y productores de nuestro país en el uso de herramientas de ACV, de modo que se uniformicen las metodologías y se incremente la confiabilidad de los resultados obtenidos.
9) Sería oportuno que futuros estudios incorporen tecnologías de georreferenciación y teledetección para estimar con mayor exactitud las distancias de transporte y, por ende, las emisiones asociadas a la distribución de leche y queso.
10) Se sugiere que las autoridades locales y regionales incentiven a las industrias lácteas locales su data de consumo y producción como parte de su supervisión técnica, ya que su carencia fomenta la informalidad y dificulta la elaboración de estudios ambientales representativos.
11) Diseñar estrategias de colaboración con productores lecheros para facilitar la recolección de información sobre alimentación, raza y manejo del ganado, reduciendo la resistencia a compartir datos y mejorando la calidad de los estudios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., Sanz Cobeña, A. (2020). *Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España.* Real Academia de Ingeniería. ISBN: 978-84-95662-77-4 https://www.raing.es/pdf/publicaciones/libros/emisiones_de_gases_efecto_invernadero.pdf

Aguaisa Nogales, D. E., & Valdez Barragán, J. J. (2024). *Análisis de la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua mediante integración solar en la quesera artesanal "San Sebastián".* [Tesis de licencitatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28771

Alvarado Raya, H. E., Escamilla García, P. E., Estrada Chaviria, M. E., Pérez Soto, F., & Moreno López, K. E. (2022). La composta como reductor de gases de efecto invernadero en el sector agrícola: una revisión integral. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 119*(1), 2–18. https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2023/119-1/ITEA%20119-1%20(02-18).pdf

Andia Valencia, W y Andia Chávez, J. (2019). Manual de Gestión Ambiental - *Gestión Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental, y Proyectos ambientales* (Quinta Edición). Ediciones Arte y Pluma. http://www.sancristoballibros.com/libro/manual-de-gestion-ambiental_81238

Arias Gonzáles, J. L., y Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (Primera Edición). Enfoques Consulting EIRL. http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Bjørn, A., Laurent, A., Owsianiak, M., & Olsen, S. I. (2018). Goal definition. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 67–74). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Bjørn, A., Moltesen, A., Laurent, A., Owsianiak, M., Corona, A., Birkved, M., & Hauschild, M. Z. (2018). Life cycle inventory analysis. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 117–165). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Bjørn, A., Owsianiak, M., Laurent, A., Olsen, S. I., Corona, A., & Hauschild, M. Z. (2018). Scope definition. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 75–116). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., & Laurent, A. (2018). Main characteristics of LCA. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 10–16). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Alvarado Bolovich, V. I. (2018). *Emisión de metano entérico de vacas en lactación con pastos cultivados en zona altoandina - estación lluviosa y seca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/2d83b9a1-5797-4941-9af2-3dbf2ac57459

Bravo Fernández, E. (2016). *Estudio de la huella de carbono de organización de una industria quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio de la Universidad de Valladolid.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/23009/TFM-L297.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CEPAL, C. (2008). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Lati*na. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%EDas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1

Calvache García, I.., & Navas Panadero, A.. (2012). Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Revista Ciencia Animal, 1*(5), 73-85. https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/3609

Canellada, F., Laca, A., Laca, A., y Díaz, M. (2019). Environmental impact of cheese production: A case study of a small-scale factory in southern Europe and global overview of carbon footprint. *The Science of the Total Environment, 635*, 167–177. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.045

Cansaya Fuentes, N. (2018). *Estudio del proceso de estandarización del queso tipo paria pasteurizado de la Cooperativa Agraria San Pedro de Huacullani, comunidad campesina de Aurincota (CASP Huacullani-CC-Aurincota).* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11662

Carballo, A., Doménech, J. L., & García, M. C. (2009). El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: una herramienta de marketing verde. *UAI Sustentabilidad, 3*(7), 1-2. https://issuu.com/vaneduc/docs/uaisn7

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Castro Seltzer, A. L. (2014). *Estimación de la huella de carbono en la producción de queso fresco para la eco-región pampeana, Argentina.* https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/2134/x_casest264.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Committee on Environmental Health, & Committee on Infectious Diseases. (2009). Consumo de agua de pozos particulares y riesgos para los niños. *Pediatrics, 67*(9), 363-369.3 https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-consumo-agua-pozos-particulares-riesgos-los-ninos-13139825

Conejo-Morales, J. F., & WingChing-Jones, R. (2020). Condiciones climáticas y la producción láctea del ganado jersey en dos pisos altitudinales. *Agronomía Mesoamericana, 31*(1), 157-176. https://www.redalyc.org/journal/437/43761812013/html/

Conde Valdez, J. A. (2022). *Problemática de pequeños y medianos productores de leche de la cuenca baja del valle del río Lurín durante la pandemia COVID 2019.* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Hermilio Valdizán. https://repositorio.unheval.edu.pe/browse/author/Conde%20Valdez,%20Jesus%20Alberto

Condori Cusi, R. y Fuentes Navarro, E. (2023). Huella de carbono en la cadena de valor del queso tipo paria de la zona lago de la cuenca Titicaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas, 25*(4), 213-223.https://dx.doi.org/10.18271/ria.2023.565

Condori Cusi, R. (2023). *Huella de carbono en la cadena de valor del queso tipo paria de la zona lago de la cuenca Titicaca* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://hdl.handle.net/20.500.12996/6157

Congreso de la República del Perú. (2023, 28 de junio). *Ley N.º 31804: Ley de promoción de la gestión sostenible de los pastos naturales para el desarrollo de la ganadería nacional. El Peruano*. https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2191763-1

Consorzio per la Tutela del Formaggio Grana Padano. (s.f.). *Las maduraciones.* https://www.granapadano.it/es/el-arte-de-la-produccion/el-producto-iconico/las-maduraciones/

Corresponsables. (2024, 28 de febrero). *Grupo Lactalis apuesta por la eficiencia energética para reducir su huella de carbono.* Corresponsables. https://www.corresponsables.com/actualidad/medioambiente/lactalis-leopoldo-cabrera-apuesta-eficiencia-energetica-reducir-huella-carbono/

Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Department of Energy and Climate Change (DECC), & Department for Business, Innovation and Skills (BIS). (2011). *The guide to PAS 2050:2011 – How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain.* https://www.helius.biz

Dcycle. (2025, abril 28). *Las 6 mejores alternativas a SimaPro software en 2025*. https://www.dcycle.io/es/post/alternativas-simapro-software

Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson, D. E., Lassey, K. R., Aparecida de Lima, M., & Romanovskaya, A. (2006). Capítulo 10. *Emisiones Resultantes de la Gestión del Ganado y del Estiércol* (5). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ecoinvent. (s.f.) *Partners.* https://ecoinvent.org/partners/

FAO. (2023). *Pathways towards lower emissions–A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems.* FAO. https://doi.org/10.4060/cc9029en.

FAO. (2018b). *Producción y productos lácteos: Producción.* FAO: Portal lácteo - Producción lechera. https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/

Ferronato, G., Tobanelli, N., Bani, P., & Cattaneo, L. (2025). Carbon Footprint Assessment of Dairy Milk and Grana Padano PDO Cheese and Improvement Scenarios: A Case Study in the Po Valley (Italy). *Animals*, *15*(6), 811. https://doi.org/10.3390/ANI15060811

Finnegan, W., Yan, M., Holden, N. M., & Goggins, J. (2018). A review of environmental life cycle assessment studies examining cheese production. *International Journal of Life Cycle Assessment*, *23*(9), 1773–1787. https://doi.org/10.1007/S11367-017-1407-7

FONCODES y MIDAGRI. (s. f.). *Manual de elaboración de quesos* https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/ElaboraciondeQuesos.pdf

Frohmann, A. (2013). *Cálculo y etiquetado de la huella de carbono.* Presentado en Seminario CEPAL-Promperú «Huella de carbono y exportaciones de alimentos», Lima. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/seminario_hc_flacso_argentina-presentacion2_2013.pdf

Furtado, M. M., y Brasil, D. (2017). El rendimiento de la fabricación de quesos: métodos para la evaluación y comparación. *Revista Perú Láctea*, 1-12. https://www.perulactea.com/wp-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

content/uploads/2017/03/EL-RENDIMIENTO-DE-LA-FABRICACI%C3%93N-DE-QUESOS-_12.pdf

García Casas, V. E., Sánchez Companioni, R., y Ramón Ramón, T. J. (2018). *Suero de leche: La ciencia detrás de su rescate* (Primera). http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/340/1/6ae0cd_7272511795354f9090d65719873f915b.pdf

Gil Mora, J. E. (2020). Incendios forestales: Causas e impactos. *El Antoniano, 135,* 68-113. https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/anto/article/download/866/1066/

Guevara Diaz, E. A. (2025). *Propuesta de biodigestores en las zonas rurales para producir biogás a partir del estiércol del ganado vacuno.* https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/14739

González Cáceres, M. de J. (2012). *Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea.* https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/37-industria.pdf

Gonzales Salas, D. P. (2018). *Cálculo de la huella de carbono aplicando herramientas informáticas.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/d775247c-ca0e-4a64-abee-c694b77322ba

Gosalvitr, P., Cuellar-Franca, R., Smith, R., y Azapagic, A. (2019). Energy demand and carbon footprint of cheddar cheese with energy recovery from cheese whey. *Energy Procedia*, *161*, 10–16. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.052

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Greenhouse Gas Protocol (2004). *A corporate accounting and reporting standard (revised edition).* World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf

Harding, Kevin. (2011). *An Introduction to Life Cycle Assessment (LCA). Chemical Technology*. 22-25. https://www.researchgate.net/publication/263543571_An_Introduction_to_Life_Cycle_Assessment_LCA

Hauschild, M. Z. (2018). Introduction to LCA methodology. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 59-66). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Hauschild, M. Z., Bonou, A., & Olsen, S. I. (2018). Life cycle interpretation. En M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life cycle assessment: Theory and practice* (pp. 323-334). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life cycle assessment: Theory and practice* (Vol. 2018). Springer International Publishing, Cham. https://doi. org/10.1007/978-3-319-56475-3

Haro Reyes, J., & Gómez Bravo, C. (2018). *Mitigación de emisiones provenientes de la ganadería en la región andina.* https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/f5705a45-0d99-48e5-ad60-782ef0d997cb/content

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Herrmann, I. T., & Moltesen, A. (2015). Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? – a comparative assessment of SimaPro and GaBi. *Journal of Cleaner Production*, *86*, 163–169. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.08.004

Huamaní Rojas, H. Víctoriano, & Morales Pari, Á. Hernán. (2022). *Composición química de la leche y su influencia en el rendimiento de queso en el Centro de Investigación y Desarrollo de Bovinos Acraquia (CIDBA), Universidad Nacional de Huancavelica* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Huancavelica. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0e25f5b9-3301-4a67-b881-12a2662b923e/content

Huanca Apaza, L. W. y Cámara de Comercio y la Producción de Puno. (2017). *Fortalecimiento de las Mipymes y Organizaciones Empresariales Regionales: Elaboración de quesos.* https://www.perucamaras.org.pe/. https://www.perucamaras.org.pe/pdf/bv/46-Elaboracion_Quesos_Region_Puno.pdf

Hymas Lisa. (2011, August 9). Is your cheese killing the planet? *Grist.* https://grist.org/sustainable-food/2011-08-08-is-your-cheese-killing-the-planet/

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024, 22 de abril). *Inacal establece requisitos de calidad del queso paria para un consumo seguro.* https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/941848-inacal-establece-requisitos-de-calidad-del-queso-paria-para-un-consumo-seguro

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2018). *Evidencias del retroceso glaciar en el Perú: Impactos en los ecosistemas de montaña y en los recursos*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

hídricos. Repositorio INAIGEM. https://repositorio.inaigem.gob.pe/items/ad7e6fba-c9ee-4516-bf7d-42a368c105d1

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C: Resumen para responsables de políticas.* https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR6).* https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (2006). *ISO 14040:2006 - Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework.* https://www.iso.org/standard/37456.html

International Organization for Standardization (ISO). (2006). *ISO 14044:2006 - Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines.* https://www.iso.org/standard/38498.html

International Organization for Standardization. (2018). ISO 14064-1:2018. *Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.* https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:en

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 14067:2018 - Greenhouse gases: Carbon footprint of products: Requirements and guidelines for quantification.* https://www.iso.org/standard/71206.html

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Jolliet, O., Saade-Sbeih, M., Shaked, S., Jolliet, A., & Crettaz, P. (2015). *Environmental Life Cycle Assessment* (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b19138

Jolliet, O., Soucy, G., Shaked, S., Saadé-Sbeih, M., & Crettaz, P. (2015). Goal and system definition. En O. Jolliet, M. Saadé-Sbeih, S. Shaked, A. Jolliet, & P. Crettaz, *Environmental life cycle assessment*, 23-45. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b19138

Kim, D., Thoma, G., Nutter, D., Milani, F., Ulrich, R., y Norris, G. (2013). Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 18,* 1019-1035. https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-013-0553-9

Kristensen, T., Søegaard, K., Eriksen, J., y Mogensen, L. (2015). Carbon footprint of cheese produced on milk from Holstein and Jersey cows fed hay differing in herb content. *Journal of Cleaner Production, 101*, 229–237. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.087

Kumar, P. (2023, November 2). *Understanding Milk Losses in Dairy Plants: Causes and Prevention* - Agriculture Notes by Agriculture.Institute. https://agriculture.institute/dairy-mgt-entrepreneurship/milk-losses-dairy-plants-causes-prevention/

Laca, A., Gómez, N., Laca, A., y Díaz, M. (2020). Overview on GHG emissions of raw milk production and a comparison of milk and cheese carbon footprints of two different systems from northern Spain. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(2), 1650–1666. https://doi.org/10.1007/S11356-019-06857-6/METRICS

Lan, X., Thoning, K. W., & Dlugokencky, E. J. (2024). *Trends in globally-averaged CH_4, N_2O, and SF_6 determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements* (Version 2024-08). https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Larrea-Gallegos, G., Vázquez-Rowe, I. & Gallice, G. Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of Manu National Park, Peru. *International Journal of Life Cycle Assessment 22*, 1109–1124 (2017). https://doi.org/10.1007/s11367-016-1221-7

Laurent, A., Olsen, S. I., & Hauschild, M. Z. (2012). Limitations of carbon footprint as indicator of environmental sustainability. *Environmental science & technology*, *46*(7), 4100-4108. https://doi.org/10.1021/es204163f

Lermo Valle, A. G. (2022). *Huella de carbono de la producción de leche bovina en un sistema de alimentación con alfalfa dormante, Región Puno.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/6b246138-9dc9-45ac-94d9-3f7ea76a4051

Luna, L. B., Díaz, J. F., y Alcalde, L. H. (2018). La sobrepoblación: efectos. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, *5*(2), 119-132. https://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/117/109

Luque González, A. (2018). *La gestión de residuos de las industrias lácteas: el caso de Ecuador.* https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7ae1af36-7e06-42f1-a4e5-13be3106cd2d/content

Mathez, E., y Smerdon, J. (2018). *Climate change: the science of global warming and our energy future.* Columbia University Press. https://cup.columbia.edu/book/climate-change/9780231172837

Ministerio del Ambiente. (2016, 23 de diciembre). *Ley N° 30754.- Ley Marco sobre Cambio Climático* https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-marco-cambio-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

climatico#:~:text=La%20Ley%20Marco%20sobre%20Cambio,las%20medidas%20de%20adaptaci%C3%B3n%20y

Ministerio del Ambiente. (2017). *Ley N° 28611. Ley General del Ambiente.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Legislativo N°1278. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.* https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/06/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf

Ministerio el Ambiente. (2019). *Decreto Supremo N.º 013-2019-MINAM. Aprueban Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático.* https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/473332/DS_0132019.pdf?v=1578582704

Ministerio del Ambiente. (2019). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) 2019.* https://infocarbono.minam.gob.pe/annios-inventarios-nacionales-gei/ingei-2019/

Ministerio del Ambiente. (2022). *Decreto Supremo N.° 001-2022-MINAM. Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo Nº 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo Nº 014-2017-MINAM, y el Reglamento de la Ley Nº 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo Nº 005-2010-MINAM* https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2649587-001-2022-minam

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ministerio del Ambiente (2023). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) 1994-2019: Looker Studio Report.* https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/7f6bd4c7-e642-4be6-a693-b5db45cf3849/page/Wtg4D

Ministerio del Ambiente (2024). *Decreto Supremo N° 006-2024 Aprueban los Índices de Nocividad de Combustibles (INC) para el periodo 2024 - 2025* https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2331248-6

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017–2027.* https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023, diciembre). *Leche y derivados. Boletín trimestral N.o 02 y 03-2023: Observatorio de commodities.* https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1648/1/Observatorio%20de%20Comodities%20de%20Leche%20y%20Derivados%20N3%202023.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024, 27 de marzo). *Día Mundial del Queso: MIDAGRI impulsa la producción y comercialización de más de 350 mil productores de queso* [Nota de prensa]. Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/926819-dia-mundial-del-queso-midagri-impulsa-la-produccion-y-comercializacion-de-mas-de-350-mil-productores-de-queso

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *En el Perú existen 388,450 productores que elaboran más de 50 diferentes variedades de queso* [Nota de prensa]. Gobierno del Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/350417-midagri-en-el-peru-existen-388-450-productores-que-elaboran-mas-de-50-diferentes-variedades-de-queso

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). MIDAGRI: *En el Perú existen más de 2 millones de productores de leche* [Nota de prensa]. Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/498220-midagri-en-el-peru-existen-mas-de-2-millones-de-productores-de-leche

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019). *MIDAGRI promueve la cadena de producción y mayor consumo de queso peruano* [Nota de prensa]. Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/26977-minagri-promueve-la-cadena-de-produccion-y-mayor-consumo-de-queso-peruano

Ministerio de la Producción. (2015). *Decreto Supremo N.º 017-2015-PRODUCE: Aprueban el Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno. El peruano*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/385658/Decreto_Supremo_N__017-2015-PRODUCE20191013-25586-p3acu4.pdf

Ministerio de la Producción (2023). *Aprueban Normas Técnicas Peruanas sobre granadilla, arroz y otros - Resolución Directoral Nº 023-2023-INACAL/DN-*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5693948/5055897-2023-rd23.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica - MINTECO. (2018). *Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono y para La Elaboración de un Plan de Mejora de una Organización.* https://www.miteco.gob.es/. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Morales Saravia, R. M. (2021*). Guía para la utilización de la herramienta Huella de Carbono Perú.* Ministerio del Ambiente. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2249723/ANEXO%20RM.%20185-2021-MINAM%20-%20Guia%20Funcionamiento%20HC-Peru.pdf.pdf

Moscoso, R. O. A. (2018). La Industria y sus efectos en el cambio climático Global. *RECIAMUC, 2*(2), 595-611. DOI: 10.26820/reciamuc/2.2.2018.595-611

Naciones Unidas. (s.f.). *La población mundial llegará a 8,000 millones en 2022.* https://www.un.org/es/desa-es/la-poblaci%C3%B3n-mundial-llegar%C3%A1-8000-millones-en-2022#:~:text=La%20poblaci%C3%B3n%20mundial%20alcanzar%C3%A1%20los,poblado%20del%20mundo%20en%202023.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). *Trends in atmospheric carbon dioxide. NOAA Global Monitoring Laboratory.* https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/

Naciones Unidas (2021). *¿Qué es el cambio climático?* https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change

Naveira, L. A. M., Álvaro, F. J. H., Alonso, M. B., & García, B. G. (2018). *Cálculo de la Huella de Carbono en Industrias del sector lácteo y medidas para su reducción y/o compensación.* Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2018/CT%202018/22222 4209.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Núñez Reinoso, J. A. (2021). *Generación de estrategias de producción más limpia para la pequeña industria láctea del Ecuador.* https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4325

Obando Mera, C., & Hernández del Valle, M. F. (2024). *Desarrollo de la Estrategia de Reducción de Huella de Carbono de Nitrofert SAS.* https://repository.eafit.edu.co/items/288f1424-e38b-4581-90cb-9e2b7c8a2632

Ocas Gonzales, P. M. (2019). *Emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado).* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad de Cajamarca. http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/3447

Osuna-Ceja, E. S., Arias-Chávez, L. E., Núñez-Hernández, G., & González Castañeda, F. (2015). Producción de forrajes de temporal con estiércol bovino y captación de agua en siembra a triple hilera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* 6(8), 1743-1756. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000801743

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2007). *Resumen técnico del Grupo de Trabajo I: Base científica del cambio climático.* En Cuarto informe de evaluación del IPCC, Grupo de Trabajo I. https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html

Prenafeta, F., & Fernández, B. (2021). *Estudio sobre los Gases de Efecto Invernadero en el Sector* Lácteo. https://inlac.es/wp-content/uploads/2022/07/RY67T64.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Quille, L. Q., Vilca, O. M. L., & Ordoñez, F. P. A. (2021). Potencialidades del lactosuero generado por la industria quesera y su valorización. *Revista cientifica I+ D aswan science*, *1*(2), 16-24. https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/sciencie/article/view/10

Quispe Apaza, N. (2023). *Aprovechamiento del efluente residual de suero de queso y estiércol de bovino en la producción de biogás y abonos líquidos orgánicos de una planta en Puno-Cabana*. [Tesis de licenciatura, Universidad Científica]. Repositorio de la Universidad Científica. https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/3234

Quispe Mamani, J. C., lizarraga Álvarez, M. F., Madueño Portilla, R., Tairo Huaman, R. N., Alegre Larico, M. I., & Suca Pilco, E. M. (2023). Efecto del cambio climático y la cobertura forestal en la pérdida de bosques en la selva amazónica de Perú, 2003-2019. *Revista Alfa, 7*(19), 88–102. https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.200

Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, *6*(2), 131-148. https://www.researchgate.net/publication/303959697_Quesos_frescos_propiedades_metodos_de_determinacion_y_factores_que_afectan_su_calidad

Rivera Chacón, R., & Vargas Morán, J. R. (2016). *Caracterización de los Sistemas de Producción de Leche con Alfalfa Dormante (Medicago sativa L.) en la Región Puno* [Poster]. https://www.researchgate.net/publication/308208601

Romm, J. J. (2022). *Climate change: What everyone needs to know*. Oxford University Press. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=d-l5EAAAQBAJ

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Rondón Mestanza, M. A. y MINAM. (2014). *Compromiso Perú Climático -Huella de Carbono.* hhttps://www.minam.gob.pe/semanaclimatica/wp-content/uploads/sites/104/2015/06/1La-Huella-de-Carbono-y-Neutralizaci%C3%B3n-como-instrumentos-de-sostenibilidad.pdf

Roque, B., Canales, Á., Bautista, J. L., Araníbar, M. J., Flores, J. A., Ávalos, L., ... y Pinares, C. (2014). *Mitigación de las emisiones de metano entérico en vacas lecheras mediante la suplementación de concentrado fibroso.* En XXXVII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (p. 80). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). https://repositorio.inia.gob.pe/items/94afa187-3583-455c-be41-b630e408efd4t

Rossi, C., Grossi, G., Lacetera, N., & Vitali, A. (2024). Carbon Footprint and Carbon Sink of a Local Italian Dairy Supply Chain. *Dairy*, *5*(1), 201–216. https://doi.org/10.3390/DAIRY5010017/S1

Ruiz-Colmenero, M., Terre, M., Bàllega, A., Andon, M., Antón, A., Targa, A., & Nunez, M. (2024). *Huella ambiental de carne y leche de vacuno: manejo y emisiones.* https://repositori.irta.cat/bitstream/handle/20.500.12327/2966/Ruiz-Colmenero_Huella_VacunodeLeche_2024.pdf?sequence=1

Rypdal, K., Paciornik, N., Eggleston, S., Goodwin, J., William, I., Penman, J., & Woodfield, M. (2006). *Volumen 1: Introducción a las Directrices de 2006.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf#page=4.99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sánchez, M. A., Murray, R. S., Montero, J., Marchini, M., Iglesias, R., y Saad, G. (2020). Importance of milk and its potential effects on human health. *Nutrición, 21*, 50–64. Grupo de Trabajo Alimentos de la Sociedad Argentina de Nutrición. https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1282320

Sánchez Zavaleta, C. A. (2016). Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la salud pública del Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública, 33,* 128-138. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2014

Sánchez-Medina, I. I., Medina-Rojas, F., & Cabrera-Medina, J. M. (2018). Diseño de software para calcular la huella de carbono e hídrica durante la producción de café. *Ingeniería Solidaria, 14*(24), 1–12. https://doi.org/10.16925/in.v14i24.2159

Santos, H. C. M., Maranduba, H. L., de Almeida Neto, J. A., & Rodrigues, L. B. (2017). Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research, 24*(4), 3470–3482. https://doi.org/10.1007/S11356-016-8084-0

Salas-Vargas, C., Brunett-Pérez, L., Espinosa-Ortiz, V. E., y Martínez-García, C. G. (2021). Environmental impact of Oaxaca cheese production and wastewater from artisanal dairies under two scenarios in Aculco, State of Mexico. *Journal of Cleaner Production, 311*, 127586. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127586

Schmidt, E., Fiasconaro, M. L., Lovato, M. E., & Martin, C. A. (2016). *Gestión de biosólidos en la industria láctea, aplicación en procesos aeróbicos de degradación.* https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/199766

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Scientific Applications International Corporation (SAIC). (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice.* U.S. Environmental Protection Agency. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1000L86.PDF?Dockey=P1000L86.PDF

Silva Ochoa, J. P. (2020). *Diagnóstico de posibles impactos ambientales generados por los vertimientos de la industria láctea en el municipio de Ubaté.* https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25515

Simonetto, M., Mazzi, A., Fedel, A., Pieretto, C., y Scipioni, A. (2015). Carbon footprint analysis of mozzarella and ricotta cheese production and influence of allocation procedure. *LCA as a Decision Support Tool in Policy Making: The Case Study of Danish Spring Barley Production in a Changed Climate*, 245–248. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/118779492/LCA2015.pdf

Solidforest. (s.f.). Air.e HdC – *Software para el cálculo de la Huella de Carbono.* https://www.solidforest.com/software-huella-carbono-hidrica-agua-ambiental.html

Solórzano-Calderón, A. O., Benítez-Dueñas, A. A., Hurtado, E. A., & Guillen-Mendoza, M. M. (2022). Parámetros reproductivos y productivos bovinos en sistemas de producción de leche durante tiempos de la COVID 19. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad del Zulia, 32,* 1-8. DOI: https://doi.org/10.52973/rcfcv-e32114

Suni Tunquipa, A. (2018). *Cuantificación y determinación de la huella de carbono en la producción de queso artesanal en el Pueblo de Chuquibamba.* https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6badebbd-cec3-4fdb-bbd3-6bb2cb266c27/content

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Statista. (2024, 6 febrero). *Volumen de leche de vaca producida en el mundo 2015-2023.* https://es.statista.com/estadisticas/557179/volumen-de-leche-de-vaca-producida-en-el-mundo/#:~:text=En%202022%2C%20se%20produjeron%20a,registrada%20durante%20el%20a%C3%B1o%20anterior.

Tapia Coaquira, O. (2018). *Factores que determinan la producción de ganado vacuno en el distrito de Ayaviri provincia de Melgar del departamento de Puno.* http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9102

Tribunal Constitucional del Perú (1993) *Constitución Política del Perú.* https://www.tc.gob.pe/wp-content/uploads/2021/05/Constitucion-Politica-del-Peru-1993.pdf

Trujillo Miranda, C. (2020). *Estudio del proceso de elaboración del queso fresco y madurado en la región Puno.* http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/3362/Candelaria_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Unión Europea. (2018*). Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 relativo a las reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por los Estados miembros de 2021 a 2030 que contribuyan a la acción por el clima para cumplir los compromisos contraídos en virtud del Acuerdo de París y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 525/2013. Diario Oficial de la Unión Europea, L 156,* 19-31. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0842&from=ES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Nacional de la Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y Laboratorio de Investigación en Productos Agroindustriales (LIPA). (s. f.*). Introducción a la elaboración de quesos.* https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Guia-QUESOS.pdf

United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. (2025). *USDA Production – Cheese*. https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0240000

United States Department of Agriculture. (1981). *USDA Specifications for ricotta cheeses.* Agricultural Marketing Service, Dairy Division. https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/ricottachees.pdf

United States Department of Agriculture. (s.f.). *USDA Cheddar cheese grades and standards. Agricultural Marketing Service*. https://www.ams.usda.gov/grades-standards/cheddar-cheese-grades-and-standards

United States Environmental Protection Agency. (n.d.). *EPA Overview of Greenhouse Gases* https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases

United Nations Framework Convention on Climate Change. (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.* https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *Paris Agreement.* https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

Vargas Mora, J. A., y Gil Martinez, G. E. (2021). *Análisis de ciclo de vida para la elaboración de quesos en una fábrica de Belén, Boyacá.*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2959&context=ing_ambiental_sanitaria

Vergé, X. P. C., Maxime, D., Dyer, J. A., Desjardins, R. L., Arcand, Y., & Vanderzaag, A. (2013). Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 6091–6104. https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6563

Webber. (2016). *Making ricotta salata.* https://www.littlegreencheese.com/2016/09/making-ricotta-salata.html

Wiedmann, T., y Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends, 1(2008),* 1-11. https://www.researchgate.net/publication/247152314_A_Definition_of_Carbon_Footprint

World Meteorological Organization. (2023). *Global annual to decadal climate update 2024-2028.* https://library.wmo.int/viewer/68910/download?file=WMO_GADCU_2024-2028_en.pdf&type=pdf&navigator=1

Zárate Malpica, A. H., & Miranda Zambrano, G. A. (2016). Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en zonas campesinas vulnerables de los Andes del Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(1),* 71-82. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000100071&lng=es&tlng=es.

Zea Espinoza, P. P. (2021). *Determinación de la huella de carbono en los procesos de una pyme de productos lácteos en el distrito de Iray-Chuquibamba.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín. http://hdl.handle.net/20.500.12773/13507

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de producción y cálculos de consumos

Tabla 1

Acopio mensual de leche para la producción de queso tipo paria

Mes	Cantidad de consumo de leche	
	litros	kg
Enero	201020	207050.6
Febrero	180960	186388.8
Marzo	226440	233233.2
Abril	245520	252885.6
Mayo	202520	208595.6
Junio	187320	192939.6
Julio	160200	165006
Agosto	159950	164748.5
Setiembre	166800	171804
Octubre	197370	203291.1
Noviembre	200690	206710.7
Diciembre	221210	227846.3
Total	**2350000**	**2420500**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 2

Producción mensual de unidades de queso tipo paría con respecto al acopio de leche para el año 2023

Mes	Litros de leche	Unidad de queso paria
Enero	201020	28271
Febrero	180960	25360
Marzo	226440	29386
Abril	245520	29839
Mayo	202520	28892
Junio	187320	26978

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mes	Litros de leche	Unidad de queso paria
Julio	160200	22890
Agosto	159950	22537
Setiembre	166800	25643
Octubre	197370	27830
Noviembre	200690	27458
Diciembre	221210	29388
Total	**2350000**	**324472**

Nota. Tomado de los registros de producción y venta de Flor Andina S.R.L., 2023.

Tabla 3

Registro del acopio de leche a los productores de Ayaviri

Nombre	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
Bravo	172	181	179	172	17	181	177
Palacios	27	24	31	32	32	32	32
Indira	52	43	50	62	62	64	69
Amalia	6	6	5	6	5	5	5
Asencio	4	4	4	5	4	4	4
Alicia	14	15	12	13	16	17	14
Edi	27	33	33	32	31	32	33
Morales	292	295	301	302	298	312	284
José	16	17	19	18	19	20	18
Dionicio	16	18	19	18	19	20	20
Julio R.	55	57	60	66	59	57	59
Santusa	6	6	6	6	6	6	6
Alberto	30	30	32	30	30	32	33
Ramos	22	20	18	18	20	20	21
Juana	46	45	46	46	48		

Nota. Tomado de los registros de acopio de leche de Flor Andina S.R.L., 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4

Registro de cantidad y densidad de la leche

Nombre	Miércoles	Densidad	Falta	Jueves	Densidad
Yordy	342	28°	9	344	28.8°
Carlos	1910	28.7°–29.6° 28.6°–28.9°	18.5	2007	28.8°–28.2°
Fabián	1550	28.9°–29.1° 29.4°–29°	✓	1429	28.4°
Cristian Émer	701	27.8° 26.6°	7	-	28.6° 28°
Wilber	173	-	4.5	-	-

Nota. Tomado de los registros de Flor Andina S.R.L., 2023.

Tabla 5

Proporciones de leche consumida por queso producido

Mes	Unidades de queso paria	Unidades de queso producidos por día	Cantidad de litros consumidos por queso
Enero	28271	912	7.11
Febrero	25360	906	7.14
Marzo	29386	948	7.71
Abril	29839	995	8.23
Mayo	28892	932	7.01
Junio	26978	899	6.94
Julio	22890	738	7.00
Agosto	22537	727	7.10
Setiembre	25643	855	6.50
Octubre	27830	898	7.09
Noviembre	27458	915	7.31
Diciembre	29388	948	7.53

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mes	Unidades de queso paria	Unidades de queso producidos por día	Cantidad de litros consumidos por queso
Promedio	**27039.33**	**889.42**	**7.22**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 6

Relación entre la cantidad de acopio de leche y el suero emitido

Mes	Litros de leche	Litros de Suero total producido	kg de suero total
Enero	201020	174079.5	178779.6
Febrero	180960	156795.3	161028.8
Marzo	226440	198488.0	203847.2
Abril	245520	217182.7	223046.6
Mayo	202520	174979.2	179703.6
Junio	187320	161598.4	165961.6
Julio	160200	138379.7	142116.0
Agosto	159950	138472.7	142211.5
Setiembre	166800	142318.4	146161.0
Octubre	197370	170848.2	175461.1
Noviembre	200690	174540.1	179252.7
Diciembre	221210	193240.8	198458.3
Total	**2350000**	**2040923.1**	**2096028.0**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 7

Relación del consumo de agua para la etapa de lavado con respecto al consumo de leche cruda

Mes	Litros de leche	Consumo de agua para el lavado
Enero	201020	10051
Febrero	180960	9048
Marzo	226440	11322
Abril	245520	12276
Mayo	202520	10126
Junio	187320	9366
Julio	160200	8010
Agosto	159950	7998
Setiembre	166800	8340
Octubre	197370	9869
Noviembre	200690	10035
Diciembre	221210	11061
Total	**2350000**	**117500**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 8

Consumo de insumos en el año productivo 2023

Mes	Cantidad de consumo de insumos en kg		
	NaCl	**ClCa2**	**Cuajo**
Enero	6031	40.2	2.79
Febrero	5429	36.2	2.51
Marzo	6793	45.3	3.15
Abril	7366	49.1	3.41
Mayo	6076	40.5	2.81
Junio	5620	37.5	2.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mes	Cantidad de consumo de insumos en kg		
	NaCl	ClCa2	Cuajo
Julio	4806	32.0	2.23
Agosto	4799	32.0	2.22
Setiembre	5004	33.4	2.32
Octubre	5921	39.5	2.74
Noviembre	6021	40.1	2.79
Diciembre	6636	44.2	3.07
Total	**70500**	**470.0**	**33**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 9

Consumo de agua de pozo para la producción de vapor

Consumo de Agua para caldero	
Consumo por día	**Cantidad de días al año**
900 l	365
Total	**328500 litros**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 10

Consumo de combustibles para la producción de vapor

Producción de vapor		
Tipo de Combustible	**Consumo por día**	**Cantidad de días al año**
Petróleo	12 l	365
Total		**4380 l**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 11

Consumo de energía eléctrica realizado por la planta de lácteos en el año 2023

MES	kW. h
Enero	188
Febrero	200
Marzo	203
Abril	238
Mayo	222
Junio	185
Julio	211
Agosto	187
Setiembre	176
Octubre	184
Noviembre	201
Diciembre	188
Total	**2383**

Nota. Tomado de los registros de consumo, por Electro Puno S.A.C., 2023.

Tabla 12

Transporte independiente de leche y sal

Tipo de transporte	Cantidad	Lugar	Distancia	Veces al año
Camión de transporte	2000 litros de leche	Espinar - Cusco	116 km de Ayaviri	4 veces a la semana
Camión de transporte	50 sacos de sal industrial	San Juan de Salinas	77 km de Ayaviri	Semanalmente (50 semanas)

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 13

Consumo de combustibles para el transporte de la leche.

Tipo de transporte	Cantidad	Tipo de combustible	Consumo de combustibles
Camionetas	3	Diesel	3 galones
Motocicletas	4	D - 84	4 galones
Total	**7 galones por día, los 365 días del año**		

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 14

Distribución del producto por medio de los compradores

Lugares de distribución	Cantidad de la producción distribuida	Distribución al año
Lima	80%	Diariamente
Arequipa	10%	
Cusco	5%	Semanalmente
Tacna	5%	

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Tabla 15

Consumo de implementos de limpieza

Tipo elemento de limpieza	Detergente	Lejía
Peso unidad	140 g	4.5 l
Consumo semanal / mensual	5 bolsas por semana	1 botella mensual
Consumo total anual	**36 kg**	**54 l**

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 16

Emisiones totales de GEI por la producción anual de queso

Emisiones de CO2 equivalente por la producción anual de 324472 uds. de queso		
Flujo de referencia: 2 660.67 toneladas de CO_2 eq. producidos en el año 2023		
Materias primas	**Cantidad**	**Unidad**
Entrada de materias primas		
Leche cruda	2 226 860	kg CO2 eq
Cloruro de sodio/sal	6 345	kg CO2 eq
Cloruro de calcio	141	kg CO2 eq
Cuajo	Cantidad mínima	-
Agua para el caldero a vapor	No cuantificable	-
Agua para la fase de lavado	No cuantificable	-
Entrada de energía		
Combustibles para el transporte de leche a la planta	24 374.34	kg CO2 eq
Combustible para el caldero a vapor	11 038.5	kg CO2 eq
Energía eléctrica general de la planta	1 556.77	kg CO2 eq
Transporte de insumos y distribución del producto		
Transporte de sal	6 956.68	kg CO2 eq
Transporte de leche	26 123.24	kg CO2 eq
Distribución del producto	356 918.1	kg CO2 eq
Entrada de otros insumos		
Lejía	84.78	kg CO2 eq
Detergente	21.3	kg CO2 eq
Agua para la limpieza	No cuantificable	-
Salidas		
Total	2 660.42	Ton CO2 eq
Suero total (dulce y salado)	No cuantificable	-
Agua residual producto de la limpieza	No cuantificable	-

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 2. Factores de emisión

FUENTES DE FACTORES DE EMISION

Nombre:	Leche Ayaviri Puno
Tipo:	Materia prima
Factor de emisión:	0,92 g. / kg
Fuente:	

Nota. Tomado de *Huella de carbono de la producción de leche bovina en un sistema de alimentación con alfalfa dormante, Región Puno* por Lermo Valle, A. G., 2022.

Nombre:	Cloruro de Calcio
Tipo:	Materia prima
Factor de emisión:	0,3 g. / kg
Fuente:	

Nota. Tomado de *Estudio de la huella de carbono de organización de una industria quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015,* por Bravo Fernández, E., 2015.

Nombre:	Sal Marina
Tipo:	Materia prima
Factor de emisión:	0,09 g. / kg
Fuente:	

Nota. Tomado de *Estudio de la huella de carbono de organización de una industria quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015,* por Bravo Fernández, E., 2015.

Nombre:	Detergente comercial domestico
Tipo:	Materia prima
Factor de emisión:	0,5917 g. / kg
Fuente:	

Nota. Tomado de *Estudio de la huella de carbono de organización de una industria quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015,* por Bravo Fernández, E., 2015.

Nombre:	Hipoclorito - Lejia
Tipo:	Materia prima
Factor de emisión:	1,57 g. / l
Fuente:	

Nota. Tomado de *Estudio de la huella de carbono de organización de una industria quesera y su proveedor lácteo mediante la norma ISO 14.064-1 en el año 2015,* por Bravo Fernández, E., 2015.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

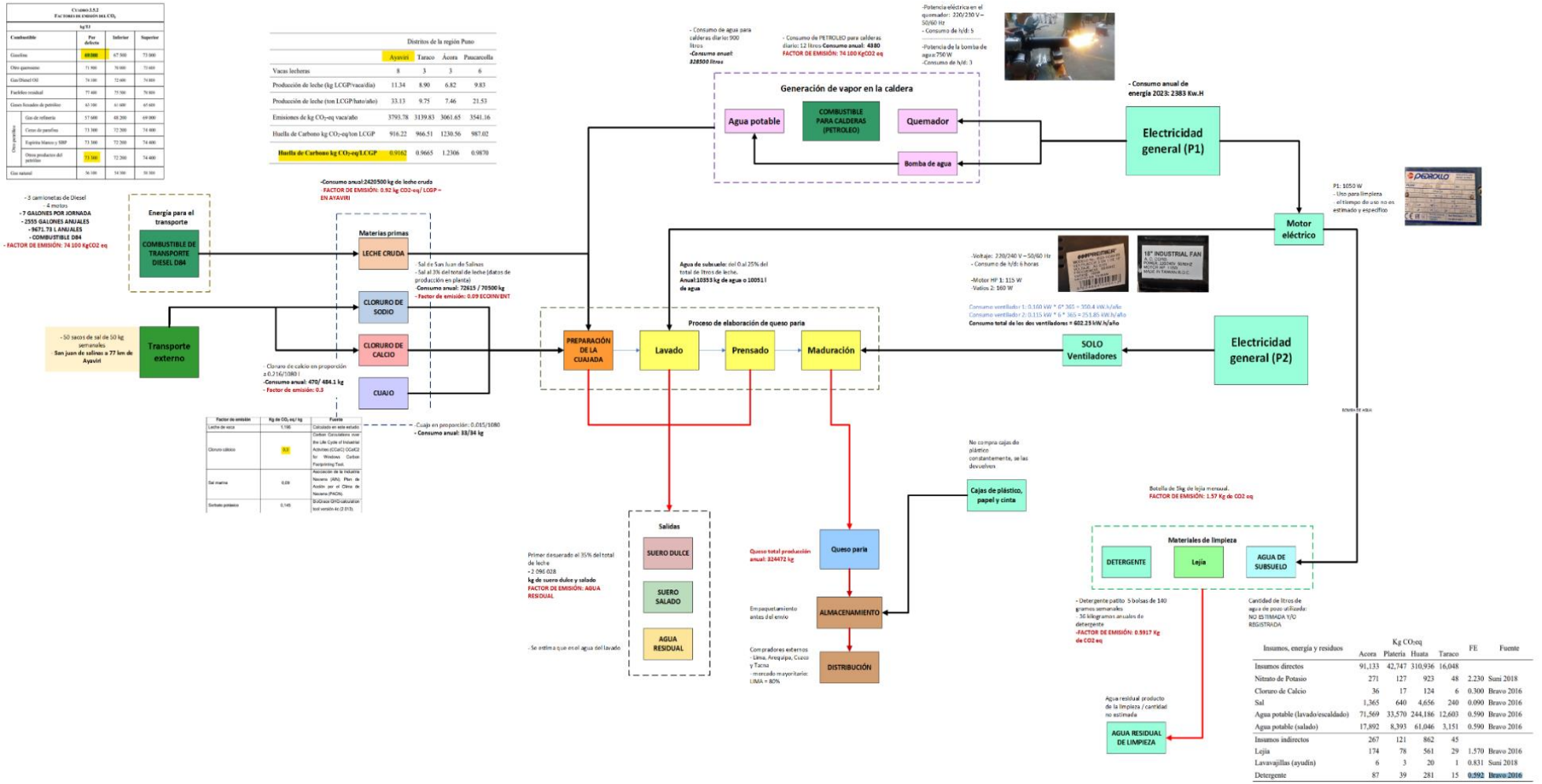
Nombre:	Diesel B for combustion 2017 - Gasóleo B para Combustión OECC-ESP-2017 (*)	
Tipo:	Combustible	
Factor de emisión:	2,52 g. / l	*DQR:*2.60
Fuente:	OECC	
Nombre:	Diesel A for vehicles 2017 - Gasóleo A para Vehículos OECC-ESP-2017 (*)	
Tipo:	Combustible	
Factor de emisión:	2,52 g. / l	*DQR:*2.60
Fuente:	OECC	
Nombre:	Electricidad Perú - MINAM 2017	
Tipo:	Energía	
Factor de emisión:	521,44 g. / MWh	*DQR:*2.00
Fuente:		
Nombre:	Truck - Camión pesado rígido < 7.5t >17t - Carga 41% -DEFRA-UK-2010	
Tipo:	Vehículo	
Factor de emisión:	0,9035 g. / km	*DQR:*2.67
Fuente:	DEFRA	

FUENTES DE FACTORES DE EMISION

Nombre:	Truck - Camión pesado rígido >3.5t < 7.5t - Carga 41% -DEFRA-UK-2010	
Tipo:	Vehículo	
Factor de emisión:	0,563 g. / km	*DQR:*2.67
Fuente:	DEFRA	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo 3. Diagrama de producción



Distritos de la región Puno	Ayaviri	Taraco	Ácora	Pucacarcolla
Vacas lecheras	8	3	3	6
Producción de leche (kg LCGP/vaca/día)	11.34	8.90	6.82	9.83
Producción de leche (ton LCGP/hato/año)	33.13	9.75	7.46	21.53
Emisiones de kg CO_2-eq vaca/año	3793.78	3139.83	3061.65	3541.16
Huella de Carbono kg CO_2-eq/ton LCGP	916.22	966.51	1230.56	987.02
Huella de Carbono kg CO_2-eq/LCGP	0.9162	0.9665	1.2306	0.9870

Insumos, energía y residuos	Kg CO_2eq Acora	Platería	Huata	Taraco	FE	Fuente
Insumos directos	91,133	42,747	310,936	16,048		
Nitrato de Potasio	271	127	923	48	2.230	Suni 2018
Cloruro de Calcio	36	17	124	6	0.300	Bravo 2016
Sal	1,365	640	4,656	240	0.090	Bravo 2016
Agua potable (lavado/escaldado)	71,569	33,570	244,186	12,603	0.590	Bravo 2016
Agua potable (salado)	17,892	8,393	61.046	3,151	0.590	Bravo 2016
Insumos indirectos	267	121	862	45		
Lejia	174	78	561	29	1.570	Bravo 2016
Lavavajillas (ayudin)	6	3	20	1	0.831	Suni 2018
Detergente	87	39	281	15	0.592	Bravo 2016

Nota. Elaboración propia con datos recopilados en campo.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 4. Solicitudes y permisos

CARTA Nº 001-2023-GVRS

Puno, 11 de setiembre del 2023

Lic. ANDREA VELASQUEZ MAMANI
Gerente de la Industrias Lacteas Flor Andina S.R.L.

AVAVIRI.-

GABRIELA V. ROJAS SARMIENTO, identificada con DNI 72572542, con diomicilio en el Jiron Candelaria Nº 290-Barrio Bellavista-Puno Bachiller de la Escuela Profesional de Ingieneria Ambiental de la Universidad Catolica Santa Maria de Arequipa

Mediante el presente tengo a bien comunicarle a Usted que el Proyecto de Investigacion denominado "Evaluacion de la Huella de carbono en la produccion de queso paria y andino en la Empresa Flor Andina S.R:L. para el periodo 2021 -2023", del que Usted tuvo referencia en oportunidad anterior, presentado a la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Santa María de Arequipa en el mes de junio para su evaluación y fue aprobada en el mes de agosto del presente año, con el dictamen 010118-A-EPIA-2023, y que autoriza el desarrollo de investigación del proyecto.

Por tal motivo, recurro a su buen corazón, tenga la amabilidad de facilitarme la siguiente información con respecto al consumo de; energía eléctrica, agua, combustible, insumos y otros implementos correspondientes al proceso productivo de ambos quesos.

Así mismo, el proceso de investigación requiere de visitas constantes a la planta quesera, con el fin de observar con detenimiento cada etapa del proceso productivo lo cual permite identificar las entradas y salida de cada uno de estos. Así como la aplicación de encuestas a todos los proveedores de leche que cuenta la empresa y a sus trabajadores.

El presente trabajo de investigación contribuirá a que la empresa identifique las etapas del proceso productivo que tienen mayor contribución de emisiones de carbono, ya que este es un peldaño muy importante para el proceso de certificación de gestión ambiental de una empresa.

Atentamente

Gabriela Rojas Sarmiento
DNI 72572542

c.c
Agencia Agraria
Ayaviri

45091092
ANDREA VELASQUEZ

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Solicita información estadistica del acopio de leche y producción de queso de una industria de lácteos del distrito de Melgar en el periodo 2021 – 2023.

SEÑOR DIRECTOR DE LA AGENCIA AGRARIA - MELGAR

GOBIERNO REGIONAL PUNO
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA PUNO
AGENCIA AGRARIA MELGAR
RECIBIDO
FECHA: 18 OCT. 2023
HORA 10:19 FOLIO: 01
REG. N° 1105 FIRMA:

Yo **GABRIELA V. ROJAS SARMIENTO**, identificada con DNI 72572542, con domicilio en el Jirón Candelaria Nº 290-Barrio Bellavista-Puno, correo electrónico gabirojas22194@gmail.com y teléfono 955728983; me presento y digo:

Que, al estar realizando la investigación para optar el grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad Católica de Santa María - Arequipa, investigación referente a la **"EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO PARIA Y ANDINO EN EL PERIODO 2021-2023"**

Por tal motivo, recurro a usted, para solicitarle tenga a bien facilitarme la Informacion estadistica del acopio de leche, la cantidad producida de queso correspondiente y el uso de otros insumos relacionados a su producctión, de una industria láctea en el distrito de Melgar para el periodo 2021 – 2023.

Ruego a Usted, acceder a mi peticion.

Puno, 18 de octubre del 2023

Gabriela Rojas Sarmiento
DNI 72572542

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego

SIEA Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias

DIRECCIÓN GENERAL DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE POLÍTICAS
Dirección de Estadística Agraria

CÉDULA DE ESTADÍSTICA AGROINDUSTRIAL MENSUAL

Resolución Jefatural Nº 145-2018-INEI

"PLAZO MÁXIMO DE PRESENTACIÓN OCTAVO DÍA HÁBIL DE CADA MES"

I. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO O PLANTA

1.- Nombre y/o razón social : .....

2.- Actividad agroindustri: .....

3.- Dirección del establecimiento: .....

4.- Región : .....

5.- Provincia : .....

6.- Distrito : .....

7. Teléfono : .....

8.- Fax : .....

9.- E-mail : .....

10. Reg. Agroind. : .....

11. R.U.C. : .....

12. Cod. CIIU. : .....

13. Mes Ref. : ..... Año : .....

En caso de prestaciones de servicios a terceros, sírvase llenar una cédula adicional.

II.- INGRESO DE PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS E INSUMOS SEGÚN PROCEDENCIA

14 Nombre	15 Unidad de medida	16 Cantidad	17 Procedencia Nacional 18 Provincia	19 Procedencia extranjera 20 País	21 Precio por U.M. en soles (*)

III. MOVIMIENTO EN ALMACÉN DE LAS PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

22 Nombre	23 Unidad de medida	24 Existencia inicial	25 Ingresos	26 Utilización	27 Mermas en Almacén	28 Existencia final

(*) Precio de la materia prima o insumo puesto en planta (Incluye IGV) Si son importados anotar precio (

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

IV. MOVIMIENTO EN ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS Y SUBPRODUCTOS (t, l, qq, kg)

29 Nombre	30 Unidad de medida	31 Existencia inicial	32 Producción	33 Salidas y/o Ventas	34 Merma en Almacén	35 Existencia Final	36 Precio de Venta. (U.M)	37 Pronost. Prod. mes Sgte.

V. DESTINO DE LAS SALIDAS DE PRODUCTOS TERMINADOS Y SUBPRODUCTOS (t, l, qq, kg)

38 Nombre	39 Unidad de Medida	40 NACIONAL		43 EXPORTACION		46 Auto-consumo	47 Otros	48 Cantidad Total 41+44+46+47
		41 Cantidad	42 Departamento	44 Cantidad	45 País			

Nota : en caso de ser la unidad de medida quintal, saco, fardo, lata , tarro,etc, especificar el peso.

VI .OPINION EMPRESARIAL DE LA SITUACION ACTUAL Y ESPERADA DEL SECTOR.

Conteste las preguntas marcando con una (X) la alternativa según corresponda.

1.- ¿ Como Calificaria Usted el Nivel de Producción que tuvo su empresa en este mes con relación al anterior ?

Alta 1 ☐ Normal 2 ☐ Baja 3 ☐

2.- En el Presente mes cual fue el % de utilización Capacidad Instalada. .....

3.- ¿Cómo califica Ud. El nivel de inventario de productos terminados (1) en su empresa en el presente mes ?

Excesivo 1 ☐ Adecuado 2 ☐ Insuficiente 3 ☐

1/Nivel adecuado de inventario. Es el que permite disminuir los costos de almacenamiento y tener capacidad de responder a incrementos inesperados de la demanda en cualquier mes similas a este

4.- Personal Ocupado Cantidad

Masculino

Femenino

RESPONSABLE DEL LLENADO DE LA INFORMACIÓN

Nombres y Apellidos : .....

Cargo : .....

E-mail : .....

Firma y Sello : .....

Fecha de entrega : .....

LUGAR DE PRESENTACIÓN :

LIMA : Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Seguimiento y Evaluación Politicas - Dirección de Estadística Agraria

Jr. Yauyos 258 piso 9 Of 907 Cercado de Lima -Telf. 209-8800 Anexo - 4271

E-mail: mcasimiro@minagri.gob.pe

EN EL RESTO DEL PAÍS: Direcciones Regionales Agrarias, Dirección de Información Agraria, Agencias Agrarias.

Observaciones: .....

F1-DGSEP-DEA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 5. Encuesta y registro de datos

Inventario de datos para la determinación de huella de carbono de la producción de queso paría en Industrias Lácteas Flor Andina S.R.L.

FORMATO DE CUESTIONARIO Y RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO PARIA EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, DEPARTAMENTO DE PUNO	
Información general	
Nombre de la planta de Lácteos	
Nombre del dueño/operador	
RUC de la empresa	
Ubicación de la planta de lácteos	
Año de inicio de funcionamiento de la planta	
Información productiva	
¿Qué productos se elaboran en la planta?	
Cantidad promedio producida	
Peso del producto	
Frecuencia de producción	
Precio en planta	
Mercados de destino	
Datos de consumo de leche y producción de queso	
¿Cuántos litros de leche diarios acopia el establecimiento?	
¿Con cuántos productores de leche cuenta?	
¿De qué lugares acopia la leche?	
¿De dónde provienen las provisiones de leche adicionales?	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

¿Cuántos quesos produce la empresa diariamente?	
¿Cuántos quesos se producen mensualmente?	
¿Cuánto pagan por la leche?	
Consumo de agua y luz	
Datos de consumo de insumos	
Lugar de origen	
Datos de consumo de combustibles y transporte	
¿Cuenta con recibos de compra?	
Inventario general del área operativa	
Número de calderas	
Número de tinas	
Número de moldes	
Número de mangueras	
Número de bombas de Agua	
Implementos adicionales	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo 6. Imágenes recopiladas en campo

Figura 1 *Vista de la planta productora de lácteos Flor Andina S.R.L*

Figura 2 *Vista del área de maduración*

Figura 3 *Camioneta equipada con el tanque de recolección de la leche*

Figura 4 *Camioneta equipada con el tanque de recolección de la leche*

Figura 5 *Preparación para la recepción de la leche*

Figura 6 *Lavado de moldes*

Figura 7 *Descargo de leche en las tinas de 1080 litros*

Figura 8 *Filtración de la leche*

Figura 9 *Etapa de pre-prensado*

Figura 10 *Etapa de moldeado*

Figura 11 *Moldes circulares de PVC*

Figura 12 *Moldes rectangulares de PVC*

Figura 13 *Prensado final de quesos*

Figura 14 *Preparación de moldes rectangulares*

Figura 15 *Prensadora mecánica*

Figura 16 *Mangueras de agua para el lavado*

Figura 17 *Lavado de tinas para nueva producción de queso*

Figura 18 *Cámara de maduración*

Figura 19 *Proceso de maduración del queso*

Figura 20 *Empacado del producto final*

Figura 21 *Producto final en cajas de PVC para su distribución*

Figura 22 *Producto final 1 kg*

Figura 23 *Presentación y exposición de productos lácteos*

Figura 24 *1 gramo de cuajo para 75 litros de leche*

Figura 25 *Costales de sal*

Figura 26 *Costales de cloruro de calcio*

Figura 27 *Interruptor para la extracción de agua de pozo*

Figura 28 *Instalación de la caldera a vapor*

Figura 29 *Caldera a vapor*

Figura 30 *Motor del quemador de combustible*

Figura 31 *Manómetro de la caldera a vapor*

Figura 32 *Sistema combustible – quemador -caldera a vapor*

Figura 33 *Galoneras de petróleo*

Figura 34 *Recarga de petróleo para la caldera*

Figura 35 *Bomba de agua para la caldera a vapor*

Figura 36 *Bomba de agua para la caldera a vapor*

Figura 37 *Etiqueta del modelo del quemador*

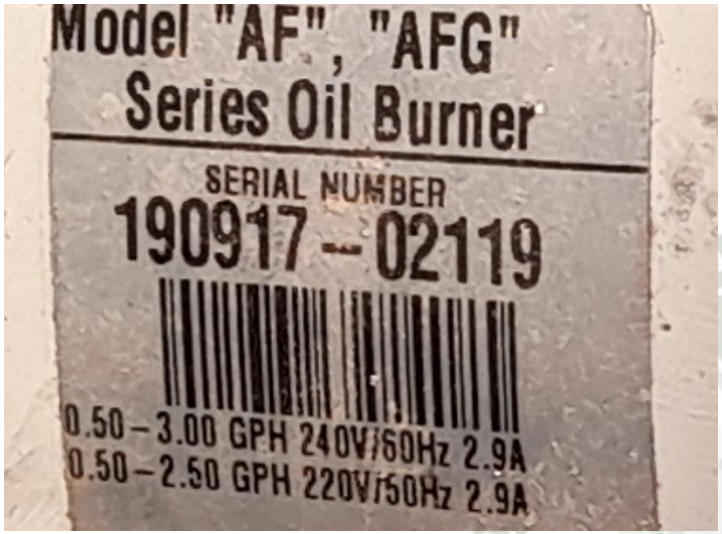


Figura 38 *Etiqueta informativa del voltaje del quemador*

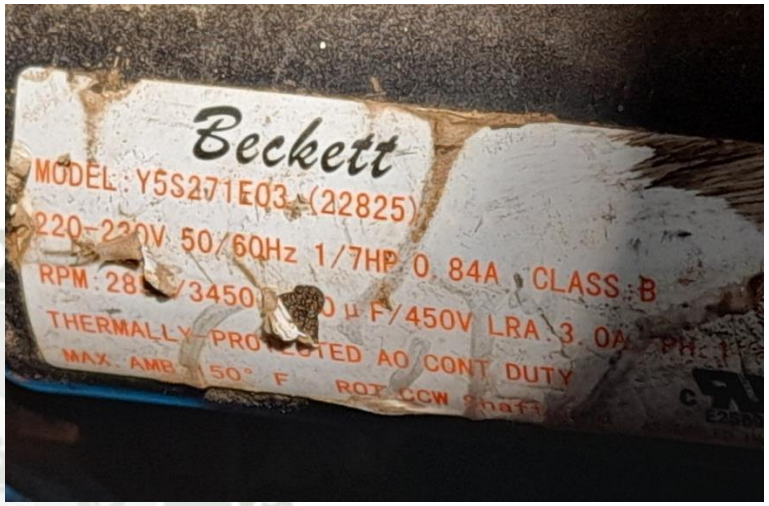


Figura 39 *Etiqueta del ventilador de la cámara de maduración*

Figura 40 *Etiqueta del ventilador en la cámara de maduración*

Figuras 41 y 42 *Kilometraje averiado de las motocicletas*

Figuras 43 *Recibo de luz*

Figura 44 *Recibo de agua sin registro de consumo*

Figuras 45 *Diagrama de flujo de producción de queso de la empresa*

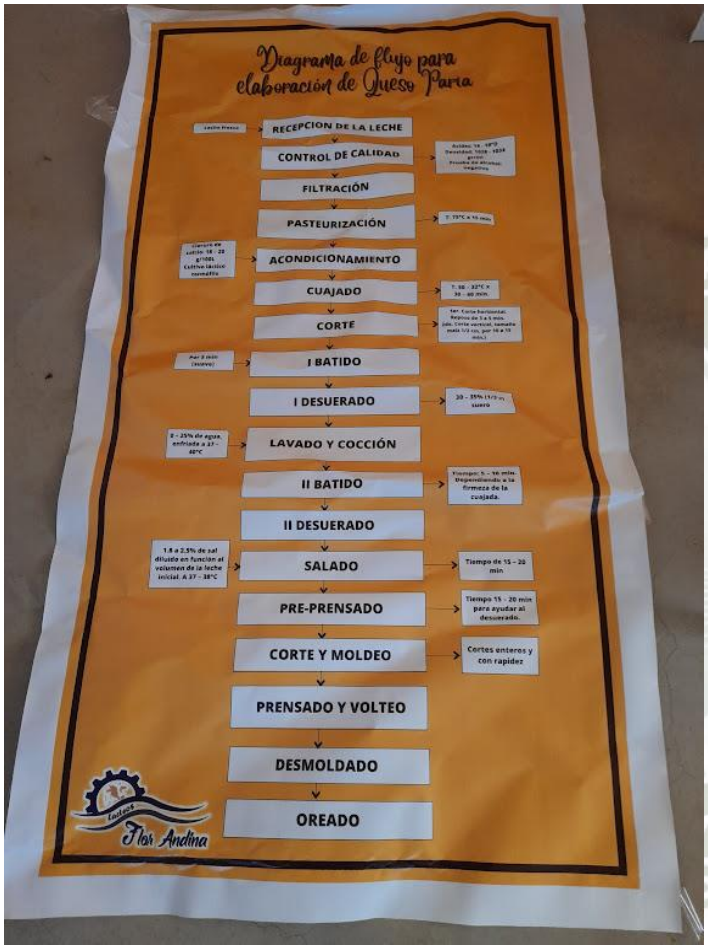


Figura 46 *Capacitaciones de la producción de queso a los proveedores de leche*