

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica



Determinación del nivel de producción de cochinilla del carmín
(*Dactylopius coccus* Costa) en condiciones edafoclimáticas del
fundo La Banda Huasacache de la UCSM, 2024

Tesis presentada por la Bachiller:

Llerena Zuzunaga, Allison Alejandra

ORCID: 0009-0001-3556-0038

para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Asesor:

Mg. Velasquez Barbachan, Juan Pablo

ORCID: 0000-0002-4914-8407

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AGRONOMICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 30 de Julio del 2025

Dictamen: 012837-C-EPIA-2025

Visto el borrador del expediente 012837, presentado por:

2012110242 - LLERENA ZUZUNAGA ALLISON ALEJANDRA

Titulado:

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN DE COCHINILLA DEL CARMÍN (DACTYLOPIUS COCCUS COSTA) EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL FUNDO LA BANDA HUASACACHE DE LA UCSM, 2024

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO AGRONOMO

**29568810 - COLOMA DONGO FROY ENGELBERT
DICTAMINADOR**



**29603349 - MAMANI GUTIERREZ DINA BEATRIZ
DICTAMINADOR**



**29500662 - DIAZ VENTO INGRIND MIRNA
DICTAMINADOR**



Determinación del nivel de producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) en condiciones edafoclimáticas del fundo La Banda Huasacache de la UCSM, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.inia.gob.pe	3%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María	3%
	Trabajo del estudiante	
3	tesis.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unsa.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	www.scribd.com	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	es.scribd.com	1%
	Fuente de Internet	

DEDICATORIA

El presente estudio está dedicado a *Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.*

A la memoria de mis amadas abuelas, mamá Mechita y mamá Nico, cuyo amor y guía me acompañan en cada paso. Su recuerdo sigue vivo en mi corazón.



AGRADECIMIENTOS

A mi amada hija, Paula, y a mi compañero de vida, Luis. Su amor, paciencia y apoyo incondicional han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Gracias por ser mi motor y mi inspiración, por creer en mí cuando yo dudaba y por compartir conmigo cada momento de este proceso. Los amo con todo mi corazón.

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante en cada paso de mi carrera, a mi familia por ser mi mayor fuente de motivación y por brindarme siempre un espacio de amor y tranquilidad donde poder enfocarme en mis estudios.

A la Ing. Dina Mamani, le agradezco profundamente su orientación experta y apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. Su dedicación, paciencia y conocimientos fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. Sus consejos me ayudaron a superar los obstáculos.

RESUMEN

El presente estudio evaluó la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) bajo condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda” (Huasácache, UCSM). Se aplicó un enfoque descriptivo en un área de 1 000 m², con infestación de hembras ovíparas en 1 333 plantas de tuna dispuestas en 10 hileras. Se monitorizaron 42 plantas (7 por cada una de las 6 hileras centrales) durante 13 semanas.

Los resultados revelaron un rendimiento total de 556.29 g de peso fresco, 178.33 g de peso seco y 157.12 g de peso tamizado por planta. La concentración de ácido carmínico alcanzó 15.10 % con secado al sol y 18.96 % con secado en estufa. El análisis económico indicó un costo de producción de S/. 66 260.00 por hectárea y unos ingresos del orden de S/. 45 337.00, reflejando una rentabilidad negativa de -31.56%.

Conclusiones: Los rendimientos y la calidad del ácido carmínico son comparables con los estándares comerciales nacionales, sin embargo la rentabilidad no refleja resultados positivos, Estos hallazgos sugieren que el Fundo “La Banda” no reúne condiciones adecuadas para una producción rentable de cochinilla. Sin embargo, el estudio se limitó a una sola campaña y no consideró variables edáficas y climáticas detalladas. Se recomienda continuar con muestreos estacionales y análisis agroecológico más completo.

Palabras clave: Producción de cochinilla, condiciones edafoclimáticas, ácido carmínico.

ABSTRACT

This study evaluated the production of carmine cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) under the edaphoclimatic conditions of “La Banda” Farm (Huasácache, UCSM). A descriptive approach was applied in a 1 000 m² plot infested with ovipositing females on 1 333 prickly pear plants arranged in 10 rows. A sample of 42 plants (seven plants from each of six central rows) was monitored over 13 weeks.

The results showed an average yield of 556.29 g fresh weight, 178.33 g dry weight, and 157.12g sifted weight per plant. The carminic acid concentration reached 15.10% under sun-drying and 18.96% under oven-drying. The economic analysis revealed a production cost of S/. 66,260.00 per hectare, sales revenue of S/. 45,337.00, and a profitability of 68.42%.

Conclusions: The yields and the quality of carminic acid are comparable to national commercial standards; however, profitability does not show positive results. These findings suggest that the “La Banda” farm does not present adequate conditions for profitable cochineal production. Nevertheless, the study was limited to a single season and did not consider detailed edaphic and climatic variables. It is recommended to continue with seasonal sampling and a more comprehensive agroecological analysis.

Keywords: Cochineal production, edaphoclimatic conditions, carminic acid.

PRESENTACIÓN

La cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa, 1835) es un insecto hemíptero que se desarrolla como parásito en especies de los géneros *Opuntia* y *Cereus*. Desde épocas antiguas, el carmín extraído de este insecto se ha empleado en la elaboración de tintes textiles y, en la actualidad, mantiene un papel relevante como colorante natural en las industrias alimentaria y cosmética. Con la aparición de pigmentos y colorantes sintéticos, como la alizarina, el uso de tintes naturales disminuyó; sin embargo, los riesgos asociados al consumo de aditivos artificiales motivaron el retorno a colorantes naturales, incrementando la demanda de cochinilla. En este contexto, el Perú se ha consolidado como principal productor mundial, seguido por México, Chile, Argentina y las Islas Canarias (Catalá, Granero, & Rodrigo, 2010). La importancia económica de esta actividad es considerable, pues más de 32 600 agricultores peruanos participan en la producción de cochinilla. Durante el año 2023, las exportaciones de carmín alcanzaron un valor aproximado de 65 000 millones de dólares estadounidenses (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [SUNAT], 2023). El cultivo de cochinilla está condicionado por factores ambientales como temperaturas extremas, lluvias fuera de temporada, elevada radiación solar y vientos intensos (Llanderal & Campos, 2001). El sistema de producción a cielo abierto no cuenta con infraestructura de protección frente a estas variables, por lo que resulta más viable en zonas con baja precipitación, ausencia de heladas invernales, vientos moderados y suelos con buen drenaje. Una característica favorable de este sistema es la alta densidad de plantación, que permite generar sombra natural entre pencas e hileras, favoreciendo el desarrollo del insecto. En este marco, la presente investigación tiene como finalidad evaluar el nivel de producción de cochinilla del carmín en el distrito de Jacobo Hunter, provincia de Arequipa.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I..... 3

1. Planteamiento del Problema 3

1.1. Tipo de investigación 3

1.2. Efecto en el desarrollo local y regional..... 3

1.3. Enunciado del problema..... 4

1.4. Preguntas de investigación..... 5

1.4.1. Interrogante principal 5

1.4.2. Interrogantes específicas 5

1.5. Justificación..... 5

1.5.1. Aspecto general 5

1.5.2. Aspecto tecnológico 6

1.5.3. Aspecto social 6

1.5.4. Aspecto ambiental 6

1.5.5. Aspecto económico 6

1.6. Importancia 6

1.7. Objetivos 7

1.7.1. Objetivo general 7

1.7.2. Objetivos específicos..... 7

1.8. Hipótesis.....	7
1.8.1. Hipótesis general	7
1.8.2. Hipótesis específicas	7
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Bibliografía principal	9
2.1.1. Diagnóstico situacional de la tuna y la cochinilla	9
2.1.2. Usos de la tuna y la cochinilla.....	11
2.1.3. Detalle biológico	13
2.1.3.1 Tuna.....	13
2.1.3.1.1 Clasificación taxonómica	13
2.1.3.1.2 Morfología	13
2.1.3.2 Cochinilla	15
2.1.3.2.1 Clasificación.....	15
2.1.3.2.2 Morfología	16
2.1.3.2.3 Ciclo biológico de la cochinilla	17
2.1.3.2.4 Reproducción.....	19
2.1.3.3. Crianza de la cochinilla	20
2.1.3.3.1. Infestación de la tuna con cochinilla	20
2.1.3.3.2. Manejo de la cochinilla.....	21
2.1.3.3.3. Recolección y tratamiento de la cochinilla	24
2.1.3.3.4. Muerte y secado de la cochinilla	25
2.1.3.3.5. Selección y envasado de la cochinilla	27
2.1.3.4. El carmín de la cochinilla	27

2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del fundo “La Banda”, Huasacache –	
Arequipa, Perú.....	28
2.1.4.1. Condiciones climáticas.....	28
2.1.4.2. Condiciones edáficas.....	29
2.1.5. Estadísticas.....	29
2.2. Antecedentes de la Investigación	31
2.2.1. Análisis de tesis.....	31
2.2.2. Análisis de trabajos de investigación	32
CAPÍTULO III	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Localización del trabajo	34
3.1.1. Espacial	34
3.1.2. Temporal	36
3.2. Materiales.....	37
3.2.1. Materiales biológicos	37
3.2.2. Materiales de laboratorio.....	37
3.2.3. Materiales de campo.....	37
3.2.4. Materiales de escritorio	37
3.3. Métodos.....	38
3.3.1. Muestreo.....	38
3.3.1.1. Universo	38
3.3.1.2. Tamaño de muestra	38
3.3.2. Formación de unidades experimentales de estudio	38
3.3.3. Métodos de evaluación.....	40
3.3.4. Metodología de la investigación.....	40

3.3.4.1. Ajustes metodológicos	41
3.3.4.2. Recopilación de información	41
3.3.4.2.1. En campo.....	41
3.3.4.2.2. En gabinete y biblioteca	42
3.3.4.2.3. Experiencias técnicas de referencia	42
3.3.5. Variables de respuesta	42
3.3.5.1. Variable independiente.....	42
3.3.5.2. Variables dependientes.....	42
3.3.5.3. Cuadro de observaciones a registrar	42
3.4. Evaluación estadística	43
3.4.1. Diseño experimental.....	43
3.4.1.1. Unidades experimentales	43
3.4.1.2. Diseño de tratamientos.....	43
CAPÍTULO IV	44
4. RESULTADOS	44
4.1. Infestación y manejo de la cochinilla del carmín.....	44
4.2. Infestación de la cochinilla del carmín.....	45
4.2.1. Fertilización del cultivo.....	48
4.2.2. Recojo de sobres (cartones)	49
4.3. Proceso productivo de la cochinilla	50
4.4. Cosecha de cochinilla.....	58
4.4.1. Recolección de la cochinilla.....	58
4.4.2. Tamaño y pesaje de la cochinilla	59
4.4.3. Recojo de cochinilla para secado en estufa	60
4.5. Producción de cochinilla	62

4.6. Concentración de ácido carmínico	65
4.7. Determinación de la rentabilidad de la cochinilla del carmín	66
4.8. Concentración de ácido carmínico	68
CAPÍTULO V	71
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de la fruta de tuna	11
Tabla 2. Componentes químicos de la cochinilla del carmín.....	12
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la tuna	13
Tabla 4. Clasificación taxonómica de la cochinilla.....	15
Tabla 5. Ciclo de vida de machos en Costa y Sierra	17
Tabla 6. Tiempo de vida de hembras de cochinilla del carmín en costa y sierra.	18
Tabla 7. Requisitos del carmín comercial.	28
Tabla 8. Exportación de carmín de cochinilla 2023–2024.....	29
Tabla 9. Diseño completamente al azar (67 x 15 m).....	39
Tabla 10. Operacionalidad de las variables: Evaluaciones.	43
Tabla 11. Área infestada por semana (%).	57
Tabla 12. Peso total de cochinilla del carmín (1).	62
Tabla 13. Peso total de cochinilla del carmín (2).	63
Tabla 14. Cosecha en gramos/ha.	64
Tabla 15. Producción anual de cochinilla en kilos/ha.	64
Tabla 16. Porcentaje de ácido carmínico: Secado al sol.	65
Tabla 17. Porcentaje de ácido carmínico: Secado en estufa.....	66
Tabla 18. N° de plantas infestadas/há	67
Tabla 19. Comparativo de producción: Proyecto y estándares	67
Tabla 20. Costos fijos de producción anual de cochinilla por hectarea	68
Tabla 21. Costos variables de producción anual de cochinilla por hectarea.....	69
Tabla 22. Ingresos por venta de cochinilla del carmín.....	69
Tabla 23. Rentabilidad	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pala de tuna infestada con cochinilla.	9
Figura 2. Departamentos donde se producen cochinilla en el Perú.....	10
Figura 3. Aspectos morfológicos de la Tuna.....	14
Figura 4. Morfología de hembras y machos de la cochinilla.	17
Figura 5. Características morfológicas de la cochinilla	18
Figura 6. Infestación de cochinillas en planta de tuna	19
Figura 7. Macho y hembra de cochinilla.....	19
Figura 8. Secado por exposición al sol.....	26
Figura 9. Secado al horno.....	26
Figura 10. Porcentaje de exportación de cochinilla carmín por países.	30
Figura 11. Empresas exportadoras de cochinilla carmín de Perú a nivel porcentual.	30
Figura 12. Ubicación del Fundo La Banda Huasacache de la UCSM.	34
Figura 13. Mapa de ubicación de la zona en estudio.....	35
Figura 14. Área de producción de cochinilla del carmín.	36
Figura 15. Plantación de tuna para cochinilla del carmín	44
Figura 16. Obtención de hembras ovíparas de la cochinilla del carmín.....	45
Figura 17. Hembras ovíparas seleccionadas.....	46
Figura 18. Sobres donde se posicionan las hembras ovíparas.....	46
Figura 19. Puesta de hembras ovíparas en los sobres.....	47
Figura 20 Sobres de cartón con ganchos de sujeción.....	47
Figura 21. Plantas de tuna infestadas de cochinilla del carmín.....	48
Figura 22. Fertilizantes empleados en el cultivo de tuna.	49
Figura 23. Recojo de cartones luego de la infestación con cochinilla del carmín.	49
Figura 24. Nivel de infestación a la primera semana de control.	50

Figura 25. Nivel de infestación a la segunda semana de control.	50
Figura 26. Nivel de infestación a la tercera semana de control.....	51
Figura 27. Nivel de infestación a la cuarta semana de control.....	51
Figura 28: Nivel de infestación a la quinta semana de control.	52
Figura 29. Nivel de infestación a la sexta semana de control	52
Figura 30: Nivel de infestación a la séptima semana de control.....	53
Figura 31. Nivel de infestación a la octava semana de control.	53
Figura 32. Nivel de infestación a la novena semana de control.	54
Figura 33. Nivel de infestación a la décima semana de control.	54
Figura 34. Nivel de infestación a la onceava semana de control.	55
Figura 35. Nivel de infestación a la doceava semana de control	55
Figura 36. Nivel de infestación a la treceava semana de control.	56
Figura 37. Promedio de área infestada/semanas (%).	57
Figura 38. Inicio de la recolección de cochinilla en campo.	58
Figura 39. Modalidad de cosecha realizada.	59
Figura 40. Pesaje de la cochinilla del carmín en estado fresco.	59
Figura 41. Pesaje de cochinilla en estado fresco(A,B,C,D)	60
Figura 42. Muestras codificadas para secado en estufa.....	61
Figura 43. Muestras de cochinillas para secado al sol.	61
Figura 44. Comparativo de peso fresco, seco y tamizado de muestra.....	63
Figura 45. Producción de cochinilla: Kg/há.....	65
Figura 46. Comparativo de obtención de ácido carmínico (%).	66
Figura 47. Comparativo de producción anual: Proyecto y estándares.	68
Figura 48. Humedad relativa de la ciudad de Arequipa	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa o croquis de ubicación	80
Anexo 2. Croquis experimental.....	81
Anexo 3. Formato de evaluación del desarrollo de cochinilla del carmín	82
Anexo 4. Normas y dispositivos	83
Anexo 5. Informe de ensayos. Porcentaje de ácido carmínico secado al sol	84
Anexo 6. Informe de ensayos. Porcentaje de ácido carmínico secado en estufa	85
Anexo 7. Matriz de consistencia	86



INTRODUCCIÓN

El cultivo de la tuna constituye una actividad relevante en la región andina del Perú y, en las últimas décadas, su producción se ha extendido de manera progresiva hacia la región costera. En la sierra, la mayor parte de la producción está orientada tanto al consumo de fruta como a la crianza de cochinilla, mientras que en la costa suele priorizarse únicamente uno de estos fines: la obtención de frutos o la producción de cochinilla (Álvarez, 2002).

En el ámbito económico nacional, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo informó que, en 2023, las exportaciones peruanas de bienes alcanzaron un récord histórico superior a los 64 000 millones de dólares estadounidenses, cifra que representó el tercer año consecutivo de crecimiento. En dicho periodo, se registraron 9 331 exportadores activos, un incremento del 2,2 % en comparación con el 2022, siendo los productos agropecuarios responsables del 29 % de estas exportaciones, mientras que los minerales aportaron el 14 % (Mathews, 2023).

A nivel regional, Arequipa ocupa el primer lugar en la producción nacional y se consolida como el principal exportador de cochinilla en el mundo (Nakamura, 2010). Este insecto (*Dactylopius coccus* Costa) parasita los cladodios y frutos de la tuna (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill., Cactaceae); en particular, las hembras son la fuente de ácido carmínico, compuesto utilizado para la elaboración del carmín, un colorante rojo ampliamente empleado en la industria alimentaria, textil y farmacéutica (Rodríguez & Niemeyer, 2001).

En el Perú, la producción de cochinilla está orientada principalmente a la exportación en dos presentaciones: como insecto seco y como carmín procesado. En el 2023, las exportaciones crecieron un 8 % respecto al año anterior, alcanzando los 61.5 millones de dólares estadounidenses, con un precio promedio de 114.5 dólares por kilogramo, y un volumen total de 537 203 kilogramos exportados (Koo, 2023).

En este contexto, el presente estudio se propone determinar los niveles de producción de cochinilla bajo las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda, Huasacache, de la Universidad Católica de Santa María (UCSM), en la ciudad de Arequipa.



CAPÍTULO I

1. Planteamiento del Problema

1.1. Tipo de investigación

El estudio se enmarca como una investigación de campo, al involucrar la infestación de plantas de tuna con hembras oviplenias de *Dactylopius coccus* Costa con el propósito de evaluar su nivel de infestación, productividad y rentabilidad, además de relacionar estos resultados con los niveles productivos reportados en la provincia de Arequipa. Asimismo, se considera una investigación de tipo descriptivo, pues busca analizar el comportamiento de la cochinilla en condiciones climáticas específicas y valorar sus parámetros biológicos a lo largo del periodo de estudio (Hernández-Sampieri, 2014).

De igual modo, la investigación tiene un enfoque correlacional, ya que se analizarán diferentes niveles de infestación en el ciclo de vida y producción de carmín en hembras oviplenias (Hernández-Sampieri, 2014).

1.2. Efecto en el desarrollo local y regional

El Perú es reconocido como el primer exportador mundial de carmín, destacándose las zonas de La Joya y La Cano, en Arequipa, como principales centros de producción (PQS, 2015). Una ventaja comparativa importante es que el país cuenta con condiciones que permiten mantener la producción durante todo el año. Además, la cochinilla peruana contiene entre un 18 % y 20 % de ácido carmínico, superando el promedio de otros países productores, que apenas alcanzan alrededor del 14 %.

Gracias a estas características, el precio de la cochinilla destinada a la exportación se mantiene elevado y con alta demanda internacional (Salas, 2020). En este marco, diversas organizaciones, como la Asociación de Exportadores (ADEX), han promovido desde el 2014

programas de trabajo con juntas de regantes, con el fin de reducir la brecha existente entre agricultores y empresas industrializadoras.

El presente estudio pretende evaluar la rentabilidad de la producción de cochinilla en las condiciones climáticas de la campiña arequipeña. La relevancia de esta actividad no solo radica en los altos precios del carmín en el mercado internacional, sino también en las oportunidades que genera para mejorar la calidad de vida de los productores locales. La actividad agroexportadora de cochinilla promueve empleo en labores de manejo y cosecha, fomenta servicios especializados, incrementa la demanda de insumos agrícolas y dinamiza la economía regional, superando en estabilidad a los cultivos tradicionales.

1.3. Enunciado del problema

La producción de cochinilla enfrenta restricciones asociadas a factores climáticos como temperaturas extremas, precipitaciones irregulares, alta radiación solar y vientos intensos. Dado que este insecto se cría mayormente a cielo abierto, no se dispone de sistemas de protección que regulen adecuadamente dichas variables ambientales. Sin embargo, las características edafoclimáticas de la zona de estudio muestran condiciones potencialmente favorables para lograr una producción rentable, lo que justifica la necesidad de realizar ensayos experimentales en campo a fin de evaluar el cultivo y analizar su desempeño frente a las condiciones locales.

En la campiña de Arequipa, la mayoría de agricultores se dedica a cultivos tradicionales como cebolla, ajo, gramíneas y leguminosas. Estos productos suelen presentar precios de mercado inestables, e incluso en ocasiones inferiores a los costos de producción, lo que genera pérdidas económicas y repercute negativamente en el nivel de vida de los productores. Ante esta problemática, surge la necesidad de diversificar hacia cultivos de mayor valor económico y con precios más estables. Además, resulta indispensable

implementar procesos productivos eficientes y de calidad que permitan afrontar la competencia en los mercados mediante un manejo agronómico adecuado.

En este contexto, los cultivos de exportación que se adaptan al piso ecológico local representan una alternativa viable para mejorar los ingresos de los agricultores de la campiña. Entre estas opciones, la producción de cochinilla constituye una alternativa atractiva, dado que la tuna —planta hospedera— se produce de manera natural en la zona, lo que facilita la infestación con *Dactylopius coccus* Costa.

1.4. Preguntas de investigación

1.4.1. Interrogante principal

¿Es posible determinar el nivel de producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM durante el año 2024?

1.4.2. Interrogantes específicas

¿Se puede determinar la concentración óptima de ácido carmínico en relación con el nivel de infestación aplicado?

¿Cuál es el rendimiento y la productividad de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) bajo las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM en 2024?

¿Es posible establecer la rentabilidad de la producción de cochinilla del carmín en dichas condiciones locales durante el año 2024?

1.5. Justificación

1.5.1. Aspecto general

En la campiña de Arequipa, particularmente en su piso altitudinal, no se han desarrollado investigaciones enfocadas en la producción de cochinilla a escala comercial. No obstante, este insecto ha alcanzado gran relevancia en distritos como La Joya y en otros valles

de la costa y sierra del país, lo que evidencia la necesidad de ampliar los estudios hacia nuevas zonas con potencial productivo.

1.5.2. Aspecto tecnológico

El estudio de la adaptación y multiplicación de la cochinilla en tunas bajo las condiciones climáticas locales resulta clave para diseñar programas de establecimiento y producción rentables. Para ello, es necesario aplicar prácticas agronómicas eficientes y técnicas innovadoras que permitan obtener carmín con concentraciones adecuadas, optimizar los recursos productivos y asegurar una mayor rentabilidad en la recolección del insecto.

1.5.3. Aspecto social

Desde la perspectiva social, lograr una producción eficiente de cochinilla con altos niveles de ácido carmínico permitiría ampliar este sistema de cultivo, generando empleo especializado y contribuyendo a la mejora sostenida de la calidad de vida de los agricultores.

1.5.4. Aspecto ambiental

La crianza de cochinilla es considerada amigable con el medio ambiente, ya que no depende del uso intensivo de agroquímicos ni de maquinaria pesada. Además, la cosecha se realiza de manera manual, lo que refuerza su carácter eco-sostenible.

1.5.5. Aspecto económico

En términos económicos, el cultivo de cochinilla brinda a los agricultores la posibilidad de incrementar sus ingresos y acceder a mayores oportunidades financieras, al mismo tiempo que fomenta la generación de empleo y eleva el valor de los terrenos agrícolas destinados a esta actividad.

1.6. Importancia

Los productores agrícolas buscan ingresos estables y sostenibles en el tiempo, evitando las variaciones de precios que afectan a los cultivos tradicionales. La cochinilla del

carmín se presenta como una alternativa viable y competitiva, como lo demuestran los resultados obtenidos en zonas productoras como el distrito de La Joya.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar el nivel de producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) bajo las condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda” de Huasacache, UCSM, 2024.

1.7.2. Objetivos específicos

Identificar la concentración óptima de ácido carmínico en relación con los niveles de infestación aplicados.

Evaluar el rendimiento y productividad de la cochinilla del carmín en las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

Determinar la rentabilidad de la producción de cochinilla del carmín en el Fundo “La Banda” de Huasacache, UCSM, 2024.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

- Las condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda” de Huasacache, UCSM, favorecen la producción rentable de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa).

1.8.2. Hipótesis específicas

- La concentración de ácido carmínico se ubica en valores óptimos entre 18% y 20% con los niveles de infestación considerados.
- El rendimiento y productividad alcanzados bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona son adecuados para fines comerciales.

- La producción de cochinilla del carmín en la zona de estudio resulta económicamente rentable.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bibliografía principal

2.1.1. Diagnóstico situacional de la tuna y la cochinilla

En el Perú, la mayor parte de la producción de cochinilla proviene de plantaciones de tuna silvestre, que representan cerca del 80% del total nacional. En estas condiciones, los rendimientos anuales oscilan entre 40 y 60 kilogramos de cochinilla seca por hectárea. No obstante, cuando el cultivo se desarrolla con tecnologías mejoradas, la productividad se incrementa notablemente, alcanzando entre 150 y 200 kg/ha/año de cochinilla seca (Infoagro, 2022).

Figura 1. *Pala de tuna infestada con cochinilla.*



Nota. Elaboración propia.

Actualmente, el país ocupa el primer lugar mundial como productor de este insecto, que se desarrolla en las pencas de la tuna y del cual se obtiene el ácido carmínico, un pigmento natural muy demandado. El Perú abastece aproximadamente el 80% de los requerimientos globales de este colorante, destacándose además porque la cochinilla peruana

presenta el mayor contenido de ácido carmínico, con valores de hasta 20%, mientras que en otros países productores el promedio apenas alcanza el 14% (Sierra y Selva Exportadora, 2017).

Figura 2. Departamentos donde se producen cochinilla en el Perú.



Nota. Tomado de Agrodata Perú

En el año 2020 se contabilizaron 11,758 hectáreas destinadas al cultivo de tuna en el territorio nacional, generando una producción de 62,207 toneladas. Las regiones con mayor participación fueron Ayacucho, Cusco, Huancavelica y Apurímac, que en conjunto superaron el 75% de la producción nacional. En términos de uso, entre un 60% y 70% de la superficie se destina a fruta de consumo, y el 30% a 40% restante se emplea para el desarrollo de cochinilla.

En el caso de Arequipa, la cochinilla concentra una mayor proporción de la producción local, llegando a representar alrededor del 60%. En esa misma campaña (2020), la región registró 1,822 hectáreas cultivadas con tuna, que produjeron 3,258 toneladas (Agencia Agraria de Noticias, 2022).

2.1.2. Usos de la tuna y la cochinilla

La planta de tuna se caracteriza por su aprovechamiento integral en múltiples sectores, tanto en la alimentación como en la industria. El fruto, de sabor dulce y amplia aceptación en los mercados nacionales e internacionales, es rico en vitaminas y minerales (Tabla 1) (Álvarez, 2002). Sus principales aplicaciones incluyen:

- Consumo humano: Utilización de los brotes tiernos y el fruto fresco; elaboración de productos procesados como néctares, jaleas, mermeladas, almíbares, mieles, quesos, licores y deshidratados.
- Industria química: Producción de caucho sintético, mucílagos, adhesivos, anticorrosivos, gomas y floculantes.

Tabla 1.

Componentes de la fruta de tuna

En 100 gramos de parte comestible	Unidad de medida	Contenido	
		A (*)	B (**)
Calorías	cal-g	58	67
Agua	g	83	81
Proteína	g	0,8	1,1
Grasas	g	0,0	0,4
Carbohidratos	g	15	17
Fibra	g	3,8	1,1
Cenizas	mg	1,0	0,5
Calcio	mg	28	57
Fósforo	mg	33	32
Hierro	mg	0,3	1,2
Caroteno (Activ. Vit. A)	mg	0,01	0,00
Tiamina	mg	0,01	0,01
Riboflavina	mg	0,04	0,02
Niacina	mg	0,39	0,30
Ácido ascórbico reducido	mg	19	18

Nota. (*) Collazos, C. (1957). Ministerio de Salud. Lima.

(**) Woot-Tsuen, W. (1961). INCAP. Tomado de Álvarez (2002)

- **Usos pecuarios:** Empleo en apicultura, molienda de semillas (ricas en aceites), y como forraje para animales a partir de las pencas y los frutos.

- **Agroindustria:** Base para el desarrollo de cochinilla en las pencas, destinada a la obtención de carmín.
- **Cercos vivos:** Implementación de setos como barreras de protección en áreas agrícolas.
- **Conservación de suelos:** Incorporación de restos vegetales de la planta para mejorar y proteger las características del suelo.

La cochinilla, por su parte, es reconocida por el ácido carmínico que contiene (Tabla 2), pigmento utilizado desde tiempos prehispánicos en distintos rubros.

Tabla 2.

Componentes químicos de la cochinilla del carmín

Componentes		Rango (%)	
Ácido carmínico	9	-	10
Grasas	6	-	8
Ceras	0,5	-	2
Agua	10	-	20
Sustancias minerales	15	-	30
Sustancias nitrogenadas	15	-	30

Nota. Tomado de Diccionario Químico. 1959. Edic. Omega.

Sus aplicaciones más relevantes son:

- **Alimentación:** Aditivo de color en bebidas (como el Campari), jarabes, caramelos, helados, galletas, turrónes, chicles, salsas, conservas vegetales, sopas deshidratadas, embutidos, encurtidos y productos lácteos.
- **Industria:** Pigmento para la fabricación de cosméticos y dentífricos, pinturas de acuarela y teñido textil.
- **Medicina:** Utilizado como colorante en tinciones histológicas y preparación de tejidos y tendones para estudios microscópicos.

2.1.3. Detalle biológico

2.1.3.1 Tuna

2.1.3.1.1 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Reyes Agüero, Aguirre Rivera y Hernández (2005), la clasificación taxonómica de *Opuntia ficus-indica* se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3.

Clasificación taxonómica de la tuna

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Tribu:	Opuntieae
Género:	<i>Opuntia</i> .
Subgénero:	<i>Opuntia</i>
Especie:	<i>Opuntia ficus - indica</i> (L) Mill, 1768

Nota. Elaborado en base a Reyes-Agüero, Aguirre-Rivera y Hernández (2005).

2.1.3.1.2 Morfología

Según Álvarez (2002), la morfología de la tuna presenta las siguientes características:

- Raíz: Se caracteriza por ser fibrosa, poco profunda y de rápido crecimiento.
- Tallo: Está constituido por ramas aplanadas denominadas cladodios (Figura 3, A).

En estas estructuras se localizan las aréolas, que contienen gloquidios (espinitas finas) y espinas de mayor tamaño que pueden superar los 5 cm, las cuales pueden ser caducas o persistentes según la subespecie. En etapas tempranas de desarrollo del cladodio, las aréolas presentan hojas efímeras.

Los cladodios, comúnmente llamados “pencas”, se disponen en pisos:

Último piso: pencas formadas en la brotación más reciente.

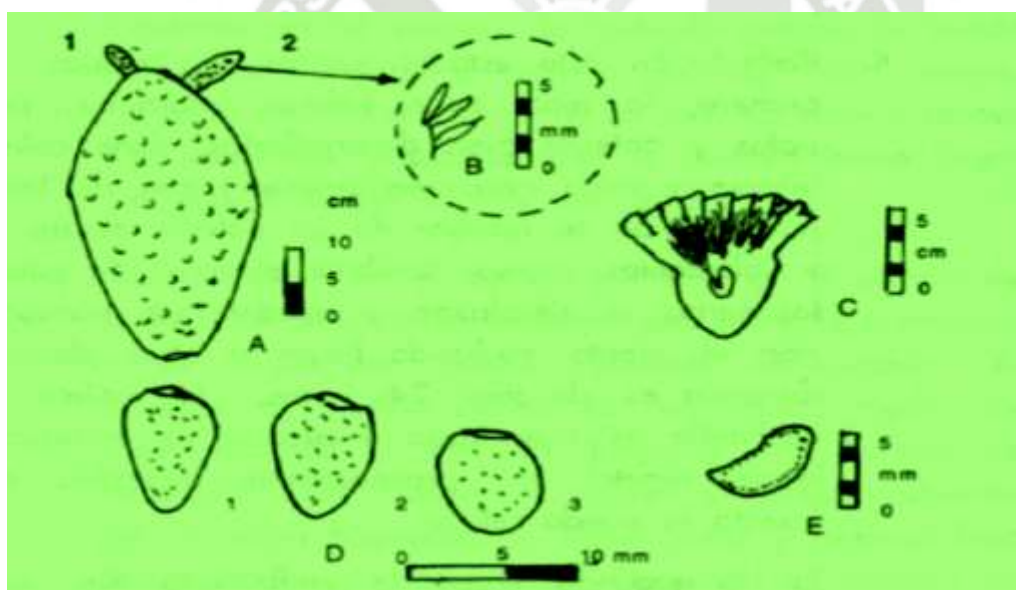
Penúltimo piso: pencas de la brotación previa, donde suelen aparecer flores y brotes; son útiles en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la cochinilla.

Antepenúltimo piso: presentan brotes, flores o frutos, siendo óptimos para la infestación de cochinilla.

Tras antepenúltimo piso: pueden tener brotes, aunque en general no desarrollan flores ni albergan poblaciones adecuadas de cochinilla.

Tronco: base estructural de la planta formada por pencas lignificadas con corteza gruesa, espinas robustas y duras, que en ocasiones se observan incluso en variedades sin espinas.

Figura 3. Aspectos morfológicos de la Tuna.



Nota. Tomado de Álvarez (2002). A) Penca con brotes. 1. Floral, 2. Vegetativo. B) Aréola con hoja y gloquidios. C) Corte transversal de la flor. D) Formas del fruto: 1. Piriforme, 2. Cilíndrico, 3. Esférico. E) Semilla.

c) Hojas: Son pequeñas (menos de 10 mm), de forma cónica y ápice aristado. Permanecen aproximadamente un mes antes de caer y ser reemplazadas por espinas (Figura 3, B).

d) Flores: Se ubican en los bordes apicales de las pencas subterminales y de los tres pisos inferiores. El periantio está compuesto por hojas sepaloideas externas, inicialmente amarillas y luego anaranjadas tras la fecundación. Su forma es de embudo, con numerosos estambres y un ovario ínfero, polícarpo, unilocular, con un estilo y de 3 a 15 estigmas (Figura 3, C).

e) Frutos: Son bayas carnosas de forma esférica, cilíndrica o piriforme (Figura 3, D). Presentan un ombligo apical de profundidad variable. Durante la maduración cambian de verde a tonalidades naranja, roja o morada. Alcanzan hasta 15 cm de largo y 150 g de peso, con un 55 % de pulpa y 45 % de cáscara. Contienen entre 80 y 250 semillas.

f) Semillas: Poseen una cubierta dura, con forma reniforme irregular, midiendo entre 4–6 mm de largo, 3–4 mm de ancho y 1,8–2,5 mm de grosor (Figura 3, E). Pesan entre 20 y 50 mg, y pueden contener hasta un 20 % de aceite.

2.1.3.2 Cochinilla

2.1.3.2.1 Clasificación

La cochinilla es un insecto de pequeño tamaño cuya clasificación taxonómica se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Clasificación taxonómica de la cochinilla

Clase:	Insecta
Orden:	Hemíptera
Sub orden:	Sternorrhyncha
Familia:	Dactylopiidae
Género:	<i>Dactylopius</i>
Especie:	<i>Dactylopius coccus</i> Costa, 1835
Nombre común:	Cochinilla

Nota. Adaptado de EPPO Global Database (2002).

2.1.3.2.2 Morfología

De acuerdo con el INIA (2002), la cochinilla presenta las siguientes características morfológicas:

Huevo: De forma ovoide, con dimensiones menores a 1 mm y con cubierta traslúcida blanquecina amarillenta. Los huevos se agrupan en la zona posterior de las hembras.

Ninfa I. Consta de dos fases. En la primera, la ninfa es migratoria, posee antenas y patas desarrolladas, mide cerca de 1 mm y es de tonalidad rojiza intensa. Posteriormente, se cubre con polvo y filamentos cerosos blancos; en esta etapa puede ser transportada por el viento hacia otras plantas. Dura aproximadamente 24 horas. Una vez que inserta el estilete en el tejido vegetal, resulta difícil que lo retire.

En la segunda fase, el insecto permanece fijo, aumenta de tamaño y la cobertura cerosa se intensifica, generando un halo blanquecino. En este estadio aún no es posible diferenciar el sexo.

Ninfa II. Aquí ya se distinguen machos y hembras.

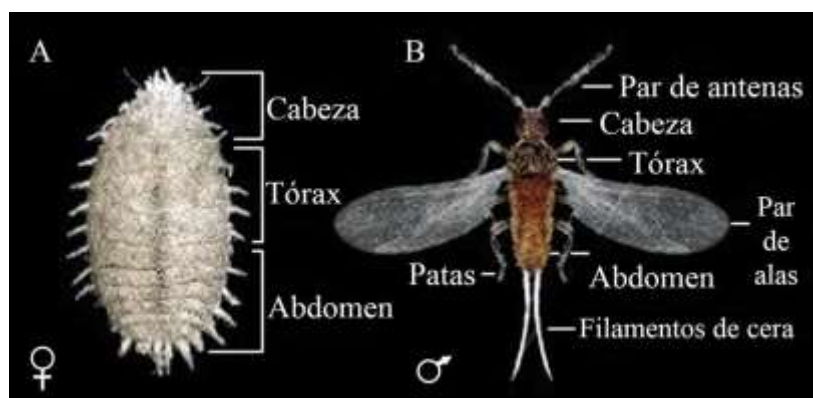
Macho: Adquiere color rojo oscuro y produce filamentos cerosos blancos, formando un capullo de alrededor de 2,5 mm con una apertura posterior.

Hembra: Presenta rojo intenso y brillo corporal, con segmentos bien definidos. La cutícula se mantiene unida a la parte posterior, mientras aumenta de tamaño hasta 2 mm y se recubre de polvillo ceroso blanco.

Macho adulto: Dentro del capullo de la Ninfa II se desarrollan la proto pupa y la pupa. El macho adulto, al emerger, mide más de 2 mm, con alas de hasta 5 mm de envergadura, recubiertas de polvo ceroso. Posee antenas y patas bien desarrolladas, además de dos filamentos en forma de cola en la parte posterior. Su vida es muy breve (alrededor de tres días) y su población es reducida.

Hembra adulta: Es de forma ovalada y convexa, con la cutícula del estadio previo adherida a la parte posterior. Presenta recubrimiento ceroso blanco. Antes de la cópula mide cerca de 3 mm, pero puede alcanzar hasta 6 mm después de la fecundación y oviposición. Una sola hembra puede poner entre 300 y 600 huevos.

Figura 4. Morfología de hembras y machos de la cochinilla.



Nota. Tomado de <https://www.redalyc.org/journal>.

2.1.3.2.3 Ciclo biológico de la cochinilla

El desarrollo de la cochinilla depende del sexo y de las condiciones ambientales. En la costa, los ciclos son aproximadamente un 50% más cortos que en la sierra.

Tabla 5. Ciclo de vida de machos en Costa y Sierra

Estadio (tiempo)	Macho (tiempo)	
	Costa (*)	Sierra (**)
Huevo	15-20 min.	10-20
Ninfa I (Migrante fija).	21-25 días	56-77
Ninfa II a la formación del cocón.	8-12 días	10-14
Pre pupa y pupa)	18-22 días	18-27
Adulto	3 días	3
Longevidad del adulto	51-63 días	87-121

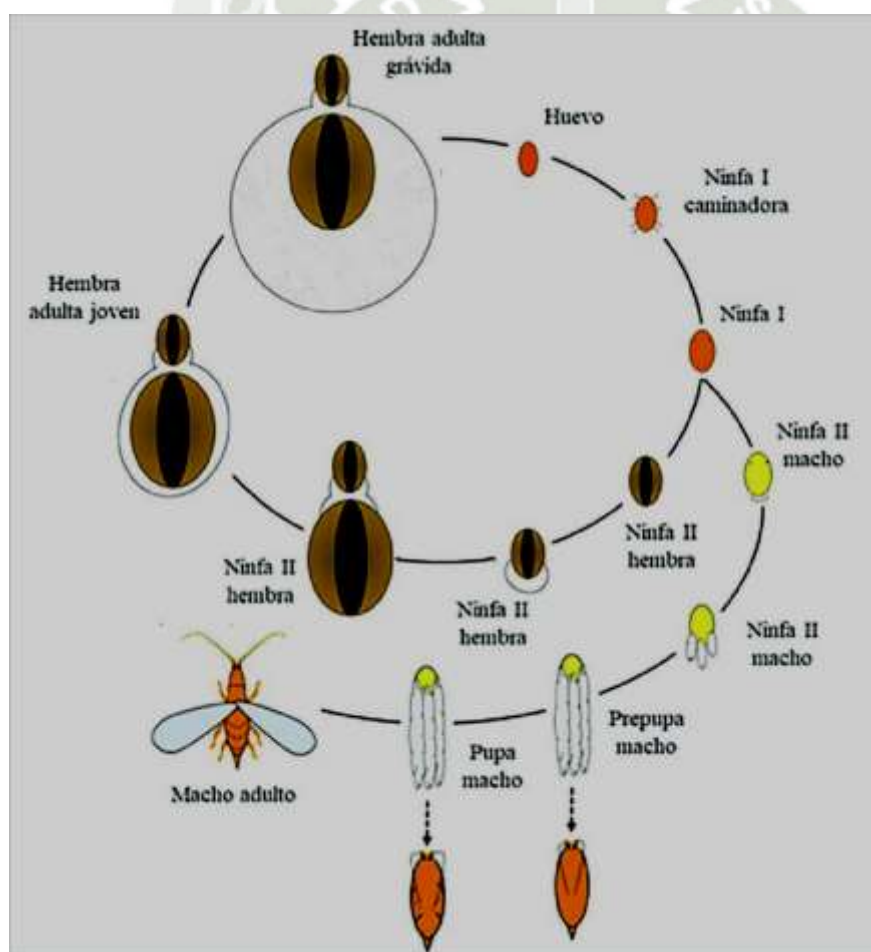
Nota. Elaborado a partir de Álvarez (2002) y Sierra y Selva Exportadora (2017)

Tabla 6. Tiempo de vida de hembras de cochinilla del carmín en costa y sierra.

Estadio (tiempo)	Hembra (tiempo)	
	Costa (*)	Sierra (**)
Huevo	15-20 min	10-20
Ninfa I (Migrante fija)	21-25 días	56-77
Ninfa II	13-18 días	36-49
Adulta: Pre oviposición	30-68 días	38-51
Oviposición (d)	28-50 días	35-50
Post - oviposición (d)	10-20 días	10-20
Longevidad o no apareadas	103-180 días	175-240

Nota. Elaborado a partir de Álvarez (2002) y Sierra y Selva Exportadora (2017).

Figura 5. Características morfológicas de la cochinilla



Nota. Sierra y Selva Exportadora (2017).

Figura 6. Infestación de cochinillas en planta de tuna



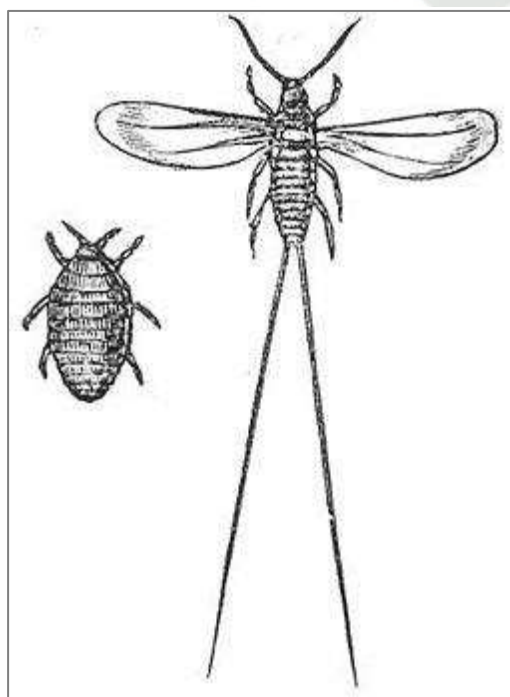
Nota. Elaboración propia

El momento más adecuado para recolectar el carmín es cuando la hembra se encuentra en estado de oviposición plena, lo cual ocurre entre los 63 y 110 días en la costa, y entre 130 y 177 días en la sierra.

2.1.3.2.4 Reproducción

La cochinilla puede reproducirse de dos a tres veces al año. El apareamiento, generalmente nocturno, no es fácil de observar.

Figura 7. Macho y hembra de cochinilla



Nota. Adaptado de Vakte et al., 2024

Durante la cópula, el macho se ubica sobre la hembra, la sujeta con sus patas anteriores y, mediante movimientos laterales, introduce el esperma en las dos aberturas genitales de la hembra. Los huevos fecundados son retenidos en el abdomen de la hembra en una especie de bolsa interna, lo que aumenta visiblemente su tamaño. Posteriormente, nacen entre 5 y 80 ninfas, que segregan cera blanquecina y producen internamente el pigmento carmín, de alto valor comercial. Los machos, en contraste, son poco frecuentes, ya que su vida se limita al tiempo necesario para alcanzar la madurez, aparearse y morir (Sierra y Selva Exportadora, 2017).

2.1.3.3. Crianza de la cochinilla

2.1.3.3.1. Infestación de la tuna con cochinilla

La infestación de la cochinilla en la planta de tuna puede producirse de manera natural o a través de procedimientos artificiales, según lo señalado por *Sierra y Selva Exportadora* (2017).

Infestación natural: Este tipo de propagación se observa principalmente en zonas altoandinas del Perú. Se origina cuando las ninfas en estado migrante se dispersan gracias al viento, aves u otros insectos. Una vez que los huevos eclosionan, las ninfas, de tamaño diminuto y gran movilidad, buscan un lugar apropiado en la penca para insertar su estilete y fijarse de forma permanente. Sin embargo, las poblaciones generadas de esta forma suelen ser poco densas, por lo que resulta necesario reforzar este proceso mediante infestaciones artificiales para alcanzar un nivel de explotación rentable en los cultivos de tuna de la sierra.

Infestación artificial: Consiste en la introducción controlada de hembras adultas ovígeras o ninfas migrantes por parte del productor, empleando técnicas agronómicas específicas. Para iniciar un cultivo productivo de cochinilla, se recomienda llevar a cabo la

infestación artificial en plantas de tuna jóvenes que cuenten con al menos 12 pencas (equivalente a 5 pisos).

Los métodos más comunes para realizar la infestación artificial son los siguientes (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*):

a) Uso de pencas con cochinilla: Se colocan pencas enteras o fragmentos de tuna que presenten poblaciones adecuadas del insecto sobre las pencas subterminales de la planta a infestar. Estas se fijan con pabilos, rafia u otras fibras resistentes, procurando no dañar la circulación ni la estructura de la penca.

b) Bolsitas de malla o sobres de cartón: Se confeccionan bolsas de tul de aproximadamente 10 x 10 cm o sobres de cartón de 10 x 15 cm, asegurados con grapas. En el interior se introducen entre 10 y 20 hembras maduras listas para ovipositar. Estos se fijan en las pencas subterminales mediante pabilos, alfileres o incluso espinas de la propia planta, con el fin de garantizar una buena distribución.

c) Uso de huevos y ninfas provenientes de la cosecha: Durante la recolección, muchas cochinillas ovipositan, lo que permite obtener huevos y ninfas en cantidad significativa dentro de los recipientes de almacenamiento. Luego de separar las hembras, los huevos y ninfas pueden esparcirse directamente sobre las pencas terminales y subterminales o colocarse dentro de las bolsas y sobres antes mencionados, utilizando aproximadamente dos cucharaditas por unidad (*Álvarez, 2002*).

2.1.3.3.2. Manejo de la cochinilla

El desarrollo de la cochinilla está condicionado por factores climáticos, biológicos y agronómicos. Una gestión adecuada de estos elementos asegura una producción de calidad y con altos niveles de concentración de carmín (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

- Factores climáticos

Las condiciones más favorables para el desarrollo del insecto son (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*):

- Climas templados a cálidos.
- Temperaturas entre 10 °C y 27 °C.
- Humedad relativa entre 45 % y 80 %.
- Altitudes comprendidas entre 100 y 3000 m.s.n.m.
- Asimismo, influyen los siguientes factores ambientales:

Insolación: La cochinilla presenta fototaxia negativa, es decir, evita la luz directa. Por ello, en la instalación del cultivo se recomienda orientar las hileras de este a oeste, de manera que las pencas queden alineadas en dirección norte-sur, reduciendo así la incidencia solar directa.

Viento: Puede tener un efecto positivo, al facilitar la dispersión de ninfas, aunque también puede dificultar la fijación en la penca. En zonas con vientos fuertes se aconseja instalar cortinas rompevientos.

Lluvia: Las precipitaciones intensas afectan negativamente al insecto, arrastrando ninfas y huevos recién eclosionados, e incluso derribando adultos.

Temperatura y humedad relativa: En zonas más cálidas (como la costa) el ciclo biológico se acelera, mientras que en climas fríos (sierra) se prolonga. El desarrollo óptimo ocurre con humedades relativas entre 80 % y 86 %.

- Factores biológicos

Clones de tuna: Las variedades con espinas protegen mejor a la cochinilla de la lluvia y el granizo. Por el contrario, las tunas de uso forrajero, con cutículas más gruesas, presentan menor infestación.

Edad de la penca: El insecto prefiere fijarse en pencas jóvenes y succulentas del último año. Se estima que alrededor del 90 % de las cochinillas se ubican en las pencas subterminales, poco más del 9 % en el nivel inferior y menos del 1 % en las pencas más antiguas.

Densidad de infestación: Cuando las plantas no reciben agua suficiente, la infestación debe reducirse. Además, las cochinillas deben retirarse una vez que alcanzan su desarrollo, evitando que permanezcan durante la oviposición, ya que esto reduce la calidad del pigmento y debilita a la planta.

Plagas y enfermedades: Aunque existen depredadores que pueden reducir poblaciones, en general no representan un riesgo significativo para la producción.

- Manejo agronómico de la tuna

Instalación del cultivo: La disposición de las plantas debe considerar la orientación este-oeste, lo que reduce la exposición directa de la cochinilla a la insolación.

Riego: Se recomienda aplicar dos riegos mensuales en época seca. En la sierra, principalmente en otoño e invierno, y en la costa durante primavera y verano.

Fertilización: A partir del segundo año se aplican 100-100-50 kg de NPK y desde el tercer año se incrementa a 150-100-50 kg, fraccionando el nitrógeno en tres aplicaciones: una con fósforo y potasio, la segunda a los dos meses y la tercera a los cuatro meses.

Agroquímicos: Se debe evitar el uso de insecticidas, pues afectan directamente a la cochinilla y contaminan el producto final.

Podas: Resultan necesarias para regular la altura de las plantas y estimular la producción de pencas jóvenes. En la costa se recomienda además eliminar los brotes florales para evitar que los frutos compitan por los nutrientes.

2.1.3.3.3. Recolección y tratamiento de la cochinilla

De acuerdo con *Sierra y Selva Exportadora (2017)*, la recolección más adecuada de la cochinilla se efectúa entre los 4 y 6 meses de edad en la región andina y entre 2 y 3 meses en la costa. Para que este proceso sea eficiente, se requiere disponer de herramientas apropiadas y de la infraestructura necesaria para llevar a cabo las etapas de muerte, secado, selección y envasado. Es importante resaltar que, una vez extraído, el insecto inicia rápidamente su ciclo de oviposición.

- **Recolección de la cochinilla**

a) Implementos.

Según *Sierra y Selva Exportadora (2017)*, los instrumentos necesarios para la recolección incluyen:

Paletas de madera (como las usadas en helados), cucharas de plástico o peines con dientes anchos.

Bandejas de bordes elevados para recibir los insectos desprendidos, los cuales luego son transferidos a sacos de tela o rafia. Durante este proceso se separan los huevos y ninfas, los cuales se destinan a la reinfestación en campo.

b) Forma de recolección

Las cochinillas maduras se desprenden cuidadosamente de las pencas sin dañar ni al insecto ni al tejido vegetal. Posteriormente se colocan en bandejas con paredes altas y, una vez se acumulan en tres capas, se trasladan a bolsas de rafia o tela (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

c) Tamaño óptimo de recolección

El momento preciso para la extracción de hembras adultas es cuando alcanzan su desarrollo completo pero antes de iniciar la oviposición. En la sierra, este punto ocurre entre los 4 y 6 meses, mientras que en la costa se da entre los 2 y 3 meses. En estas condiciones, la

cochinilla alcanza un tamaño aproximado de 7 mm de longitud por 6 mm de ancho. No es recomendable recolectar ejemplares inmaduros (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

d) Época de recolección

En la sierra, la colecta se realiza entre marzo y diciembre, mientras que en la costa puede efectuarse durante todo el año (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

e) Frecuencia de recolección

La periodicidad está relacionada con el ciclo de desarrollo de las generaciones. Como no todas maduran de manera simultánea, la recolección puede prolongarse durante semanas, permitiendo cosechas escalonadas. En la sierra, se realiza una vez por semana, mientras que en la costa se recomienda efectuarla dos veces por semana (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

2.1.3.3.4. Muerte y secado de la cochinilla

Tras la recolección, las cochinillas deben sacrificarse de forma inmediata para evitar la oviposición y reducir la pérdida de peso. Posteriormente, se procede a su deshidratación hasta alcanzar un contenido de humedad cercano al 11 %.

- **Métodos de sacrificio**

- Con agua caliente: inmersión de las bolsas en agua a 60–70 °C durante 2 a 3 minutos.
- Con vapor de agua: exposición en baño maría, manteniendo las cochinillas en mallas suspendidas sobre agua en ebullición por un lapso de 5 a 10 minutos.
- Con alcohol: inmersión en alcohol durante 5 minutos; posteriormente se procede al secado hasta alcanzar una humedad <11 %. Se estima que la relación entre peso fresco y peso seco es de 3,3:1 (*Sierra y Selva Exportadora, 2017*).

- **Métodos de secado:**

Al sol: la radiación solar causa la muerte progresiva del insecto; sin embargo, el empleo de secadores solares permite acelerar y uniformizar el proceso (ver Figura 8).

Figura 8. Secado por exposición al sol.



Nota. Tomado de <https://agroaldea.es/>

En hornos: las cochinillas se distribuyen en bandejas metálicas y se someten a 65–70 °C durante 2 a 4 horas, logrando así su muerte y deshidratación (Figura 9).

Figura 9. Secado al horno



Nota. Tomado de repositorio Universidad Nacional de Trujillo.

Es fundamental remover el material periódicamente para asegurar un secado homogéneo.

2.1.3.3.5. Selección y envasado de la cochinilla

El producto seco contiene impurezas como cera y espinas, que deben eliminarse durante la selección. De acuerdo con *Salas (2020)*, el rendimiento promedio tras esta etapa es:

73,6 % cochinilla de primera

10,4 % cochinilla de segunda

El resto corresponde a tercera, polvo e impurezas.

Para el cribado se emplean zarandas con diferentes diámetros: 4 mm para la de primera, 2 mm para la de segunda y 0,4 mm para la de tercera. El envasado se realiza en bolsas de polietileno de 1 kg, cajas de cartón o bidones, garantizando la protección contra contaminante y pérdidas durante el almacenamiento.

2.1.3.4. El carmín de la cochinilla

El carmín se define como una laca de aluminio cálcico del ácido carmínico, obtenida a través de métodos de extracción acuosa o hidroalcohólica de la cochinilla (*Salas, 2020*). La FDA lo conceptualiza de manera similar, destacando que su componente principal es el ácido carmínico ($C_{22}H_{20}O_{13}$).

Este compuesto se presenta como un polvo de tonalidad roja intensa o como cristales de color púrpura oscuro. Tiene un punto de fusión de 136 °C y varía de color según el pH: a 4,8 se observa rojizo, mientras que a 6,2 adquiere tonalidades violáceas. Es soluble en agua, alcohol y soluciones alcalinas, pero insoluble en éter, benceno y cloroformo (*Salas, 2020*).

La composición química depende de la materia orgánica propia del insecto y de las sales empleadas en su extracción. Los estándares establecidos por la FDA se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7.

Requisitos del carmín comercial.

Materiales	Requisitos
Materia volátil (135 °C x 3 horas)	No más de 20%
Cenizas	No más de 12%
Plomo	No más de 10 ppm.
Ácido carmínico	No menos de 50%
Arsénico	No más de 1 ppm

Nota. Tomado de FDA.

Para obtener carmín con altos niveles de ácido carmínico es necesario:

- Utilizar cochinillas con elevado contenido de pigmento.
- Eliminar de forma eficiente impurezas, grasas y ceras.
- Evitar el uso de aditivos minerales que incrementen las cenizas.
- Emplear agua y reactivos de alta pureza.
- Prevenir la contaminación con hierro en equipos y reactivos.

2.1.4. Condiciones edafoclimáticas del fundo “La Banda”, Huasacache – Arequipa, Perú

El fundo Huasacache está ubicado en el distrito de Tiabaya, provincia y región Arequipa, dentro del valle del río Chili, a una altitud de 2,320–2,400 m.s.n.m.. El clima predominante es árido templado (según Köppen), caracterizado por lluvias escasas y elevada radiación solar. Estas condiciones favorecen cultivos como la tuna, cebada, plantas ornamentales y la cría de cochinilla del carmín (SENAMHI, 2022; FAO, 2017).

2.1.4.1. Condiciones climáticas

La temperatura media anual oscila entre 15–18 °C, con máximas de 26–28 °C en verano y mínimas de 6–8 °C en invierno. Las precipitaciones son menores a 10 mm/año, concentradas entre enero y marzo. La humedad relativa varía entre 40–60 %, y la radiación

solar se sitúa en 5,0–6,5 kWh/m² diarios, lo que incrementa la evapotranspiración y la demanda hídrica de los cultivos (SENAMHI, 2022; FAO, 2017).

2.1.4.2. Condiciones edáficas

Los suelos presentan origen aluvial y volcánico, con textura franca a franco-arenosa y buen drenaje, aunque susceptibles a salinización si no se maneja adecuadamente el riego. El pH varía entre 7,5 y 8,2 (ligeramente alcalino) y la materia orgánica es baja (<2 %), lo que requiere la aplicación de compost o abonos orgánicos. En cuanto a nutrientes, son suelos moderadamente fértiles: deficientes en nitrógeno y fósforo, pero ricos en potasio (INIA, 2015).

Estas condiciones hacen posible un sistema agrícola tecnificado, siempre que se realice un manejo eficiente del agua, recurso clave para la sostenibilidad en el valle del Chili.

2.1.5. Estadísticas

Tabla 8.

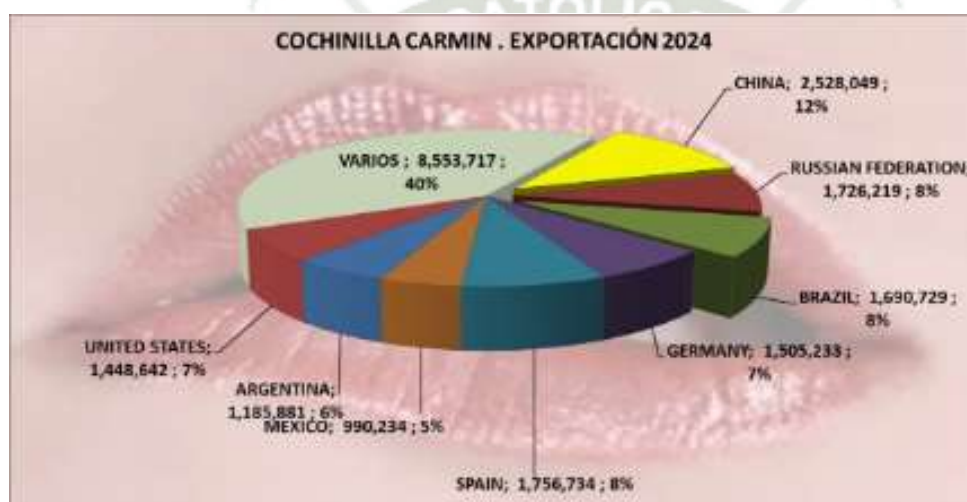
Exportación de carmín de cochinilla 2023–2024

MES	2023			2024		
	FOB	KILOS	PRE. PROM	FOB	KILOS	PREC. PROM
Enero	4,535.918	45,194	100.37	5,412.597	82.073	65.95
Febrero	5,204.955	42,956	121.17	5,354.135	67.637	79.16
Marzo	7,416.080	63,064	117.6	4,729.815	38.009	124.44
Abril	5,348.875	48,315	110.71	5,888.892	80.446	73.20
Mayo	6,904.482	80,479	85.79			
Junio	7,444.570	110,328	67.48			
Julio	4,782.682	83,764	57.1			
Agosto	4,368.692	59,652	73.24			
Setiembre	4,723.678	59,977	78.76			
Octubre	4,454.582	46,244	96.3			
Noviembre	5,376.186	71,499	75.19			
Diciembre	4,984.311	74,141	67.23			
TOTALES AÑO	65,545.012	785,614	83.430	21,385.438	268,165	79.75
PROMEDIO MES	5,462.08	65,468		5,346.36	67,041	
%CREC. PROMEDIO	49%	34%	12%	-2%	2%	-4%

Nota. Agrodata Perú (2024).

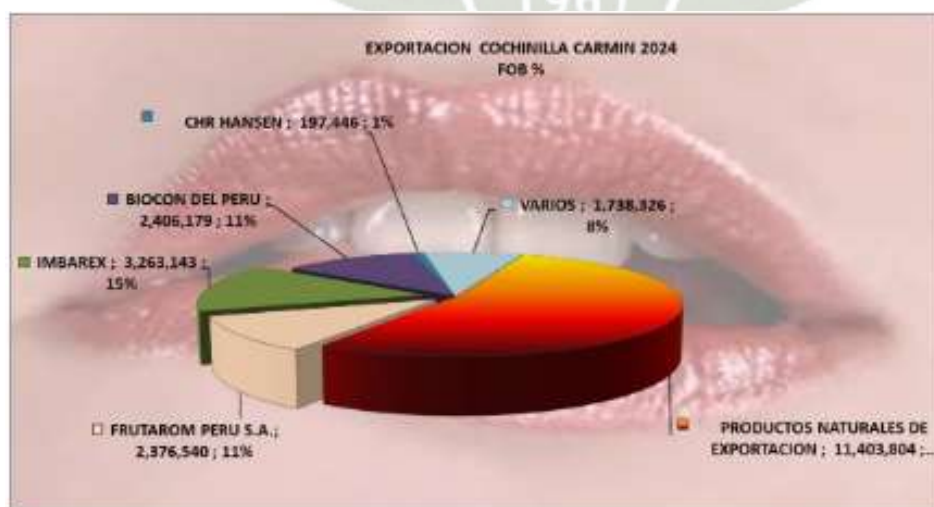
Los datos muestran que en 2023 el Perú exportó carmín de cochinilla por un valor FOB de US\$ 65,545,012 , equivalente a 785,614 kilos, con un precio promedio de US\$ 83.43/kg. Esto representó un crecimiento del 34 % en volumen y 12 % en precio respecto al año anterior. En 2024, hasta marzo, se registraron exportaciones por US\$ 21,385,438 (268,165 kilos), con un precio promedio de US\$ 79.75/kg (Agrodata Perú, 2024).

Figura 10. Porcentaje de exportación de cochinilla carmín por países.



Nota. Tomado de Agrodata Perú (2024).

Figura 11. Empresas exportadoras de cochinilla carmín de Perú a nivel porcentual.



Nota. Tomado de Agrodata Perú (2024).

2.2. Antecedentes de la Investigación

2.2.1. Análisis de tesis

En una tesis de grado desarrollada en la empresa Agroexportadora Carmín S.R.L., se planteó como objetivo demostrar que la optimización de los procesos productivos de cochinilla impacta directamente en la productividad. Los resultados indicaron que, sin la implementación del proyecto, el ciclo de producción se prolongaba entre 14 y 16 meses, mientras que con la mejora se redujo a 12 meses. Esto representó un incremento del 56.70 % en las unidades obtenidas y en la eficiencia del tiempo productivo. La eficiencia general pasó de 62.50 % a 85.03 %, y la productividad mostró un aumento significativo de 21.50 % a 81 %. Asimismo, los beneficios netos ascendieron al 51.03 %, con una reducción del 39.90 % respecto al año anterior. El costo por kilogramo disminuyó de US\$ 25 a US\$ 15, y el indicador de rentabilidad sobre los gastos alcanzó 102.19 %, con un incremento de beneficios del 78 % (Barreda, 2020).

En otro trabajo de tesis titulado “Sustentabilidad de fincas productoras de *Opuntia ficus indica* para la producción de *Dactylopius coccus* en Arequipa, Perú”, el propósito fue evaluar el grado de sustentabilidad de las unidades productivas de tuna destinadas al cultivo de cochinilla. Los objetivos específicos consistieron en caracterizar dichas fincas, determinar su sostenibilidad y analizar posibles mejoras tecnológicas para la infestación artificial de *Opuntia ficus indica* con ninfas de *Dactylopius coccus*. Los resultados mostraron que las unidades productivas presentan alta diversidad y complejidad, combinando la producción de cochinilla con actividades ganaderas y agrícolas. Aunque los rendimientos e ingresos no eran bajos, la deficiente asociatividad entre productores, el inadecuado manejo agronómico y la falta de servicios básicos (agua potable, desagüe y vías asfaltadas) limitaron su competitividad. Se concluyó que las fincas productoras de tuna para cochinilla no resultan sustentables en su conjunto. En la prueba de infestación artificial con ninfas y hembras

oviplenas, los parámetros evaluados (peso fresco y seco, relación de secado, contenido de ácido carmínico e ingresos) no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

En el caso del artículo científico “Producción y control de calidad del insecto grana cochinilla”, desarrollado por la empresa Planpulu Plantaciones Puerto de Luna en México, se analizó la crianza de cochinilla en condiciones de invernadero utilizando el método de penca cortada suspendida con ganchos metálicos. El objetivo fue determinar el impacto de factores abióticos y bióticos sobre el ciclo biológico del insecto para proponer mejoras en su manejo. Los resultados demostraron que la zona estudiada reúne condiciones favorables para la producción en invernadero, alcanzando un contenido de ácido carmínico del $19.54 \% \pm 0.748$ (Serrato, Arroyo, & Rojas, 2016).

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

En un estudio experimental llevado a cabo en la empresa AGROINCA PPX, ubicada en el fundo La Joya (provincia y región de Arequipa), se planteó como meta identificar la mejor combinación entre color de malla de sombreado y tiempo de exposición sobre un cultivo de tuna de dos años de edad. Se evaluaron tres colores de malla raschel (blanca, negra y verde) y tres periodos de sombreado (30, 60 y 90 días). Estas se instalaron inmediatamente después de colocar los infestadores. El diseño experimental correspondió a parcelas divididas en bloques completos al azar, con 9 tratamientos y 4 repeticiones.

Las variables analizadas fueron altura de planta, temperatura, humedad, número de individuos por planta, rendimiento de cochinilla, relación peso fresco-peso seco (factor de secado), contenido de ácido carmínico y rentabilidad neta. Los resultados estadísticos demostraron que el mejor rendimiento en seco se obtuvo con la malla negra al 50 % durante 90 días de sombreado, alcanzando $451.50 \text{ kg.ha}^{-1}$, mientras que el valor más bajo correspondió al tratamiento con malla verde durante 30 días, con 96.00 kg.ha^{-1} . En conclusión, se determinó que el sombreado con malla negra durante 90 días influye de manera

positiva en la productividad de cochinilla del carmín, mostrando diferencias estadísticamente significativas frente a los demás tratamientos.

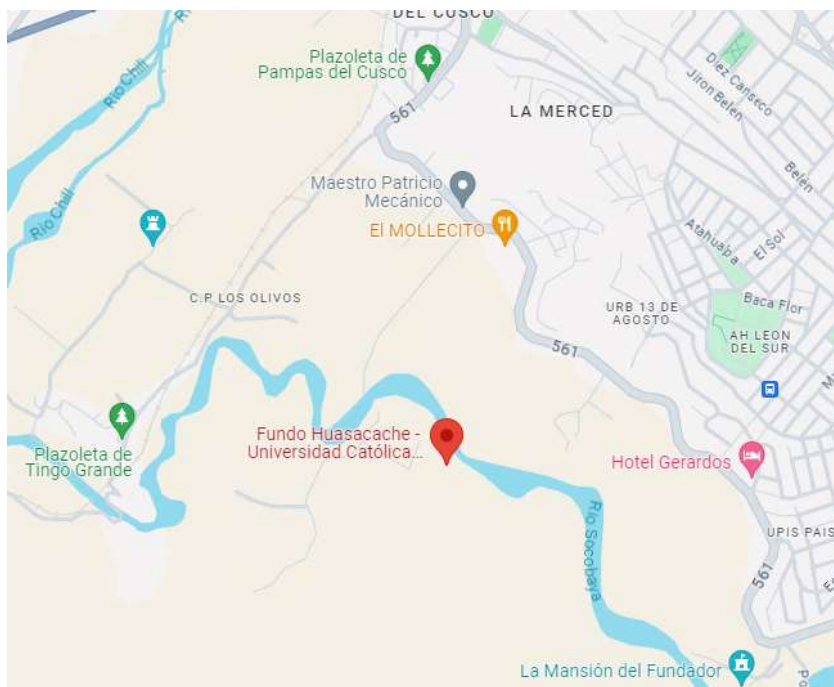


CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del trabajo

Figura 12. Ubicación del Fundo La Banda Huasacache de la UCSM.



Nota. Tomado de google maps (2024).

3.1.1. Espacial

La zona en estudio esta localiza en:

Departamento: Arequipa

Provincia: Arequipa

Distrito: Jacobo D. Hunter

Ubigeo: 040107

Coordenadas:

Latitud sur: 16°27'22.6" S (-16.45628591000)

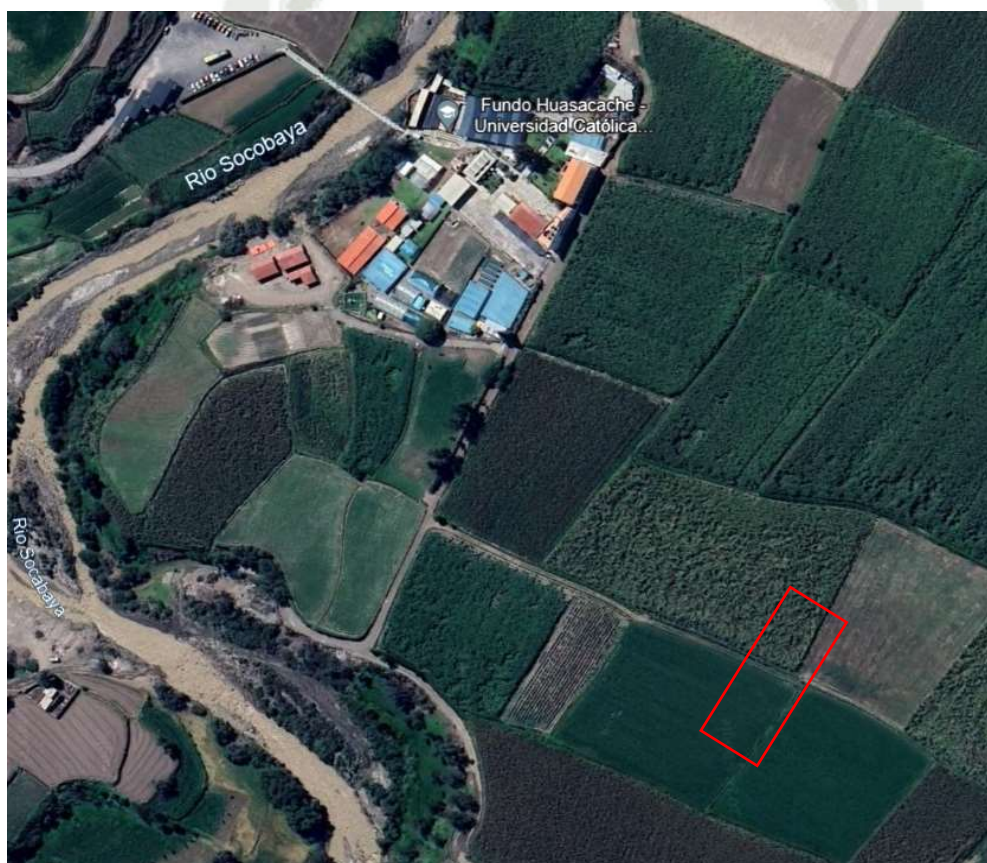
Longitud oeste: 71°33'36" W (-71.56001058000)

Altitud: 2,246 m.s.n.m.

Área de la zona en estudio: 1000 m².

El mapa de ubicación de la parcela en estudio, se encuentra dentro del Fundo La Banda de Huasacache del distrito Jacobo D. Hunter.

Figura 13. Mapa de ubicación de la zona en estudio.

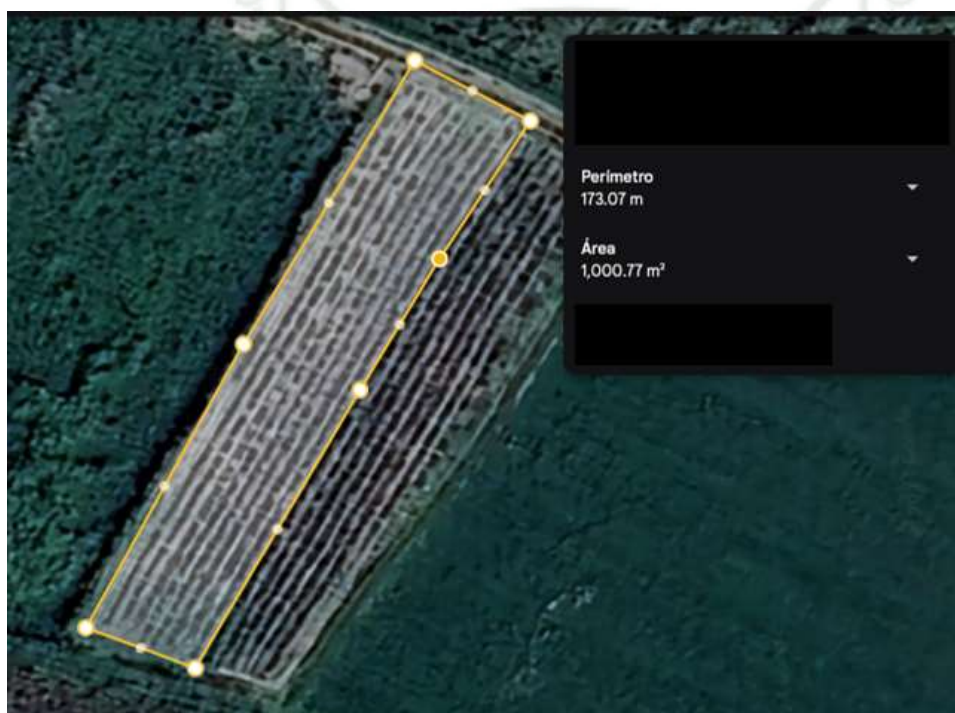


Nota. Tomado de google maps (2024).

- Coordenadas: Google earth
- Latitud sur: 16°27'29" S.
- Longitud oeste: 71°34'01" W.
- Altitud: 2,203 m.s.n.m.
- Área de producción de cochinilla del carmín:
- El área de producción en estudio es de 1000 m²,

- Coordenadas:
- Latitud sur: $16^{\circ}27'30''$ S.
- Longitud oeste: $71^{\circ}34'04''$ W.
- Área de la zona en estudio: $1,000.77 \text{ m}^2$.
- Perímetro: 173.07 m .

Figura 14. Área de producción de cochinilla del carmín.



Nota. Elaborado con Google earth con dimensiones a escala.

3.1.2. Temporal

- Plantación de tunas: Enero del 2023.
- Infestación con cochinilla: Mayo del 2024.
- Recolección de cochinilla: Setiembre

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales biológicos

- Madres oviplenas de cochinilla del Carmín (*Dactylopius coccus Costa*).
- Plantas de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la producción de cochinilla del Carmín.

3.2.2. Materiales de laboratorio

- Para el secado de cochinilla en la estufa de secado:
- Estufa de secado
- Placas Petri.
- Balanza electrónica.

3.2.3. Materiales de campo

- Lupa.
- Cinta métrica.
- Cámara fotográfica.
- Guantes de goma.
- Bateas
- Sobres de cartón para infestación
- Escobillas
- Cuchillos

3.2.4. Materiales de escritorio

- Fichas de evaluación
- Material de escritorio
- Calculadoras.

3.3. Métodos

3.3.1. Muestreo

3.3.1.1. Universo

El universo considerado en la presente investigación corresponde a las condiciones edafoclimáticas propias del distrito de Jacobo Hunter, ubicado en la provincia de Arequipa. Este contexto se seleccionó por su representatividad en la producción de cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa), lo que permite obtener resultados aplicables a dicha zona productiva.

3.3.1.2. Tamaño de muestra

La muestra utilizada se localizó en las parcelas de cultivo e investigación de la Universidad Católica de Santa María, específicamente en el Fundo *La Banda* de Huasacache. El área seleccionada abarcó 1,000 m² de superficie cultivada con tunas infestadas de cochinilla del carmín.

Para la ejecución del ensayo en campo y laboratorio, se procedió a la infestación de 10 hileras de plantas de tuna. Posteriormente, se delimitó la zona de muestreo en el sector central, donde se evaluaron 6 hileras seleccionadas. En cada hilera se realizaron 7 muestreos de plantas representativas, con el fin de obtener datos confiables y estadísticamente válidos para el análisis.

3.3.2. Formación de unidades experimentales de estudio

- Plantación de tuna:
- Densidad: 1 333 plantas.
- Número de hileras: 10.
- Distanciamiento entre hileras: 1.50 m.
- Distanciamiento entre plantas: 0.50 m.

- Infestación con cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa):
- Infestación: Al 100% de plantas de tuna.
- N° de sobres de cochinilla/planta: 3 a 4.
- N° de hembras oviplenas por sobre: 20 a 21.
- Peso de hembras oviplenas: 0.1 gramos.
- Diseño experimental: Diseño completamente aleatorio (DCA). (Tabla 9).
- N° hileras muestreadas: 6
- Muestreo por hilera: 7 plantas
- Total plantas muestreadas: 42.

Tabla 9.

Diseño completamente al azar (67 x 15 m).

H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42

Nota. Elaborado por la autora.

3.3.3. Métodos de evaluación

Para evaluar el nivel de producción de cochinilla del carmín, se dividen en 3 etapas:

- Evaluación en campo: Nivel de infestación
- Porcentaje de área infestada de tuna (%).
- Evaluación en laboratorio: Concentración de ácido carmínico
- Peso (g).
- Concentración de ácido carmínico.
- Productividad y rentabilidad
- Rendimiento/Há.
- Análisis económico U.S.\$/kg.

La evaluación se realizará por medio de un formato, donde se registran los datos de campo y laboratorio (Anexo 13.3).

3.3.4. Metodología de la investigación

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se buscó determinar parámetros medibles como el volumen de cochinilla recolectada, el contenido de ácido carmínico, así como la productividad y la rentabilidad del sistema de cultivo.

Para la obtención y análisis de datos se emplearon evaluaciones en campo y laboratorio. El experimento se llevó a cabo en el Fundo La Banda de Huasacache, perteneciente a la Universidad Católica de Santa María (UCSM).

En un área aproximada de 1,000 m² se establecieron plantas de tuna con un año de edad y un mínimo de cuatro cladodios por planta, consideradas aptas para la infestación. La infestación se efectuó mediante la colocación de hembras oviplenas en sobres de cartón sujetos con alambre a las pencas. Cada sobre contenía entre 20 y 21 insectos, distribuyéndose de tres a cuatro sobres por planta. Transcurridas cuatro semanas, los sobres se retiraron para uniformizar la población por rangos de edad (Salas, 2020).

Durante un periodo de cuatro meses se realizaron controles de desarrollo de la cochinilla, siguiendo el diseño experimental establecido (Tabla 9). Las evaluaciones permitieron registrar el comportamiento del insecto, así como los intervalos de tiempo comprendidos entre la infestación inicial y la cosecha.

La recolección fue total, previa evaluación a las hembras ovíparas listas para la oviposición, etapa en la que se presenta el mayor contenido de ácido carmínico. La cosecha se ejecutó de forma manual, utilizando cuchillos y escobillas, depositando los insectos en bateas.

Posteriormente, las muestras por planta fueron pesadas y sometidas a secado tanto en estufa como al sol. Una fracción representativa de la cochinilla seca y tamizada fue enviada al laboratorio LABINV SERV para determinar el nivel de ácido carmínico. Con los datos obtenidos, en gabinete se elaboró el análisis de productividad del cultivo bajo las condiciones edafoclimáticas del área de estudio, complementado con un análisis económico de rentabilidad.

Es importante mencionar que la investigación constituye una prueba piloto destinada a explorar la viabilidad de establecer una producción comercial de tuna para cochinilla en la zona de *La Banda* – Huasacache.

3.3.4.1. Ajustes metodológicos

La metodología prevista se adaptó en función de posibles alteraciones derivadas de fenómenos climáticos (como la presencia de la corriente de *La Niña*) o de factores físicos, químicos o biológicos que pudieran influir en el proceso experimental.

3.3.4.2. Recopilación de información

3.3.4.2.1. En campo

Los datos de campo se registraron mediante fichas diseñadas específicamente para este propósito (Anexo 13).

3.3.4.2.2. En gabinete y biblioteca

Se consultaron antecedentes bibliográficos vinculados a experiencias previas de infestación de tuna con cochinilla y procesos de extracción de carmín.

3.3.4.2.3. Experiencias técnicas de referencia

Se realizaron visitas a unidades de producción en el distrito de La Joya (Arequipa), con el fin de adquirir conocimientos prácticos relacionados con la instalación de tunales, técnicas de infestación, manejo del cultivo, recolección y procesamiento de cochinilla. Asimismo, la infestación y cosecha en campo fue apoyada por personal técnico especializado con experiencia en la crianza y manejo de este insecto.

3.3.5. Variables de respuesta

3.3.5.1. Variable dependiente

- Producción de cochinilla.

3.3.5.2. Variables independientes

- Nivel de infestación.
- Concentración de ácido carmínico.

3.3.5.3. Cuadro de observaciones a registrar

- Operacionalización de variables.

Tabla 10.

Operacionalidad de las variables: Evaluaciones.

Variables	Indicadores	Escalas de Medición
Variable dependiente: Nivel de producción de cochinilla	Estándar de productividad Volúmenes de producción Evaluación económica de rentabilidad	Estándares Gramos y kg/Há. Soles.
Variable Independiente: Nivel de infestación.	1. Infestación a) Área infestada de tuna.	Infestación Porcentaje Porcentaje
Concentración de ácido carmínico	2. Extracción de carmín. a) Peso b) Concentración de ácido carmínico.	Extracción de carmín Gramos, kilogramos. Porcentaje

Nota. Elaboración propia.

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño experimental

El trabajo se enmarcó en un diseño completamente aleatorio (DCA), dado que la unidad experimental presentaba condiciones homogéneas (Fernández, Trapero & Domínguez, 2010).

3.4.1.1. Unidades experimentales

El estudio contempló una sola unidad experimental, ya que se analizó el comportamiento de la cochinilla bajo las condiciones edafoclimáticas específicas del área de investigación.

3.4.1.2. Diseño de tratamientos

La muestra poblacional se ajustó a un diseño completamente aleatorio, lo cual permitió garantizar la representatividad y validez de los resultados

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Infestación y manejo de la cochinilla del carmín

Para la infestación de la cochinilla se tuvo la instalación con el cultivo de tuna, con una densidad de 1333 plantas, en el estudio se contemplaron 10 hileras con un distanciamiento entre hileras 1 metro, y el distanciamiento entre plantas fue de 0.50 metros.

Figura 15. *Plantación de tuna para cochinilla del carmín*



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM

4.2. Infestación de la cochinilla del carmín

La infestación de los cultivos se efectuó de manera artificial, utilizando plantas jóvenes que presentaban al menos tres niveles de crecimiento o pisos de expansión. El procedimiento se aplicó mediante el método de huevos y ninfas obtenidas de la cosecha, siguiendo lo indicado por el INIA (2002). Para ello, se recolectaron hembras ovíparas provenientes de las unidades productivas del distrito de La Joya (Figura 17). Es importante señalar que la infestación desarrollada en el área experimental no se ejecutó con la misma densidad que en las parcelas de La Joya, ya que se empleó una menor cantidad de hembras ovíparas, principalmente por el elevado costo del material biológico y por el riesgo de pérdida asociado a un posible robo de los cartones utilizados para la infestación.

Figura 16. Obtención de hembras ovíparas de la cochinilla del carmín.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

Muestras que se prepararon en sobres de dimensiones de 10cm x 10cm, en donde se colocaron de 20 a 21 cochinillas perfectamente maduras (ovíparas).

Figura 17. Hembras ovíparas seleccionadas.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

Figura 18. Sobres donde se posicionan las hembras ovíparas.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

Figura 19. Puesta de hembras oviplenas en los sobres.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

Figura 20 Sobres de cartón con ganchos de sujeción.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

Las hembras oviplenas fueron colocadas en los cartones teniendo un peso de 0.1 gr.
por cartón, se colocaron entre 3 a 4 sobres de cochinilla por planta.

Sobres que fueron sujetos a las pencas subterminales por medio de ganchos metálicos de sujeción.

Figura 21. Plantas de tuna infestadas de cochinilla del carmín.



Nota. Tomas fotográficas propias

4.2.1. Fertilización del cultivo

La tuna, al tratarse de una especie de origen silvestre, muestra una baja exigencia respecto a las características edáficas, ya que puede crecer y desarrollarse en diversos tipos de suelos. No obstante, para establecer un sistema productivo sostenible, es necesario contar con condiciones físicas y químicas del suelo adecuadas que garanticen un óptimo rendimiento del cultivo (Rodríguez, 2009).

En el presente estudio se emplearon diferentes insumos fertilizantes: fosfato monoamónico (11-52-0), sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y un fertilizante complejo de tipo NPK. Este último contenía los siguientes nutrientes: nitrógeno total (N) en 12.4 %, distribuido en nitrógeno nítrico (NO_3^-) con 5.1 % y nitrógeno amoniacal (NH_4^+) con 7.3 %; fósforo (P_2O_5) con 11.0 %; potasio (K_2O) con 18.0 %; magnesio (MgO) con 2.7 %;

azufre (S) con 8.0 %; además de micronutrientes como manganeso (Mn) con 0.02 %, boro (B) con 0.015 %, zinc (Zn) con 0.02 % y hierro (Fe) con 0.2 %.

Figura 22. Fertilizantes empleados en el cultivo de tuna.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

4.2.2. Recojo de sobres (cartones)

Figura 23. Recojo de cartones luego de la infestación con cochinilla del carmín.



Nota. Tomas fotográficas tomadas por la autora en las áreas de producción de la UCSM.

En la Figura 23 se observa la recolección de los cartones que contenían a las hembras oviplenas. Transcurrido aproximadamente un mes desde su colocación en las pencas de tuna,

dichos sobres fueron retirados para permitir el establecimiento y desarrollo de la cochinilla en las palas de la planta.

4.3. Proceso productivo de la cochinilla

Se dispone de un registro fotográfico que evidencia tanto la evolución de la infestación de la cochinilla del carmín como el avance de su proliferación en las pencas de tuna a lo largo del proceso productivo.

Figura 24. Nivel de infestación a la primera semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 25. Nivel de infestación a la segunda semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 26. Nivel de infestación a la tercera semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 27. Nivel de infestación a la cuarta semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 28: Nivel de infestación a la quinta semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 29. Nivel de infestación a la sexta semana de control



Nota. Elaboración propia

Figura 30: Nivel de infestación a la séptima semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 31. Nivel de infestación a la octava semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 32. Nivel de infestación a la novena semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 33. Nivel de infestación a la décima semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 34. Nivel de infestación a la onceava semana de control.



Nota. Elaboración propia

Figura 35. Nivel de infestación a la doceava semana de control



Nota. Elaboración propia

Figura 36. Nivel de infestación a la treceava semana de control.



Nota. Elaboración propia

En el Anexo 03 se presenta el registro del porcentaje de infestación en las palas de tuna, mostrando el avance semanal durante las 13 semanas de evaluación. La Tabla 13 expone el consolidado del área cubierta por la cochinilla del carmín en las pencas, evidenciando la evolución del proceso. Se observa que entre las semanas 8 y 9 la propagación se estabiliza, manteniéndose así hasta la semana 13, momento en el que se realizó la cosecha. Es importante precisar que, una vez que la multiplicación del insecto se detiene, se produce el crecimiento individual de cada cochinilla, aspecto que también puede apreciarse en el registro fotográfico anterior.

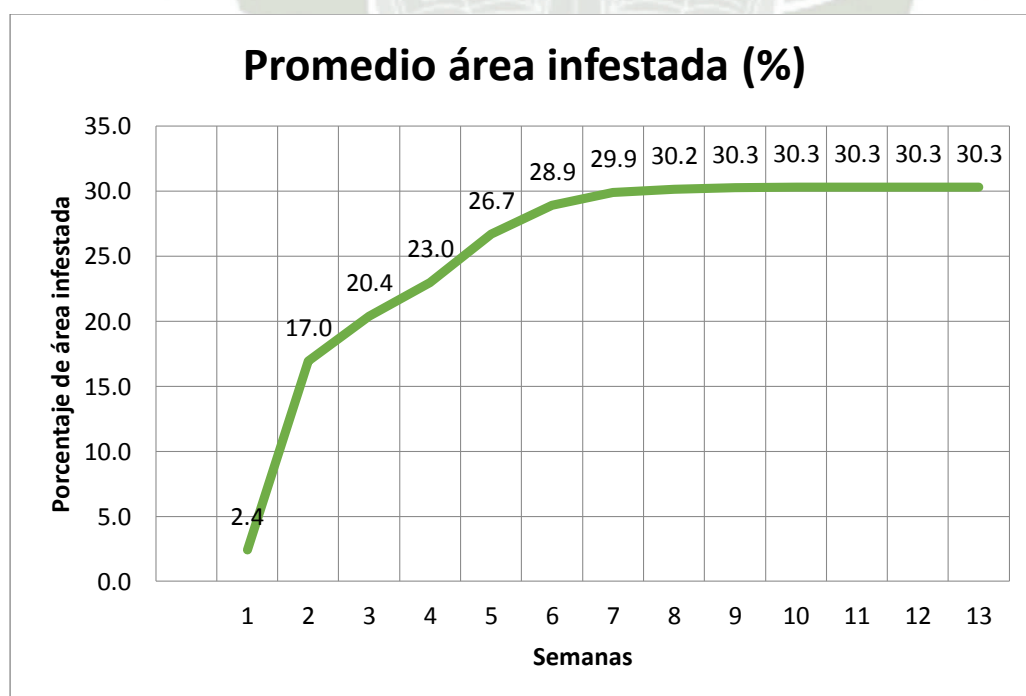
Tabla 11.

Área infestada por semana (%).

Semana	Promedio área infestada (%)
1	2.4
2	17.0
3	20.4
4	23.0
5	26.7
6	28.9
7	29.9
8	30.2
9	30.3
10	30.3
11	30.3
12	30.3
13	30.3

Nota. Elaboración propia.

Figura 37. Promedio de área infestada/semanas (%).



Nota. Elaboración propia.

4.4. Cosecha de cochinilla

La recolección de la cochinilla suele efectuarse entre los 4 y 6 meses en zonas de sierra, mientras que en la costa se realiza a los 2 o 3 meses. En el caso de Arequipa, al presentar un clima intermedio, la cosecha se llevó a cabo a las 13 semanas (equivalente a 3,25 meses). Para este proceso se utilizaron herramientas adecuadas que facilitaron una extracción eficiente, además de contar con instalaciones acondicionadas para las fases posteriores de sacrificio, secado, clasificación y envasado del insecto. Cabe señalar que, una vez recolectada, la cochinilla inicia rápidamente un proceso acelerado de oviposición.

Figura 38. Inicio de la recolección de cochinilla en campo.



Nota. Tomas realizadas por la autora.

4.4.1. Recolección de la cochinilla

Las cochinillas en estado de madurez fueron retiradas cuidadosamente de las pencas de tuna. Una vez desprendidas, se depositaron en tinas de recepción para posteriormente ser trasladadas en sacos de polietileno. En este estudio en particular, las pencas infestadas fueron cortadas y llevadas al centro de acopio, donde los insectos fueron separados mediante un cepillado completo de la superficie de la pala, tal como se observa en la Figura 39

Figura 39. Modalidad de cosecha realizada.



Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Tamaño y pesaje de la cochinilla

La cosecha de las hembras adultas se efectuó una vez alcanzado su desarrollo total, evitando que hubiesen iniciado la oviposición. En este estado, las cochinillas presentaban medidas aproximadas de 6 mm de longitud, 4,5 mm de ancho y 4 mm de grosor (Lloyd, 1980; Chávez Moreno et al., 2011). El pesaje del material fresco arrojó un promedio de 11 kilogramos (Figura 40).

Figura 40. Pesaje de la cochinilla del carmín en estado fresco.



Nota. Elaboración propia.

4.4.3. Recojo de cochinilla para secado en estufa

La cochinilla recojida conforme a las muestras determinadas en estudio, fueron pesadas en estado fresco (Figura 41), para luego pasar al secado de los insectos por estufa y otro por medio de secado al sol.

Figura 41. Pesaje de cochinilla en estado fresco(A,B,C,D)



Nota. Elaboración propia.

Luego de realizar el pesaje, se procedió a llevar las muestras codificadas a la estufa para el deshidratado.

Figura 42. Muestras codificadas para secado en estufa.



Nota. Elaboración propia.

Figura 43. Muestras de cochinillas para secado al sol.



Nota. Elaboración propia.

4.5. Producción de cochinilla

Conforme a los registros tomados, tenemos en las Tablas 12 y 13, los pesos obtenidos de peso fresco, peso seco y tamizado de las 42 muestras.

Tabla 12.

Peso total de cochinilla del carmín (1).

Muestra	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso tamizado (g)
A1	16.38	4.94	4.48
A2	3.15	0.42	0.39
A3	28.21	9.14	8.33
A4	9.28	3.12	2.73
A5	21.67	6.65	5.88
A6	13.76	4.97	4.24
A7	0.77	0.28	0.25
B1	19.81	5.88	5.71
B2	26.36	8.72	8.09
B3	11.90	3.68	3.36
B4	1.44	0.42	0.35
B5	7.21	2.49	2.31
B6	6.58	1.93	1.79
B7	2.17	0.70	0.63
C1	2.80	0.04	0.04
C2	10.82	3.64	3.01
C3	19.29	6.37	5.39
C4	19.25	6.30	5.64
C5	19.18	6.62	5.95
C6	18.80	5.88	5.39
C7	23.14	7.28	6.48

Nota. Elaboración propia.

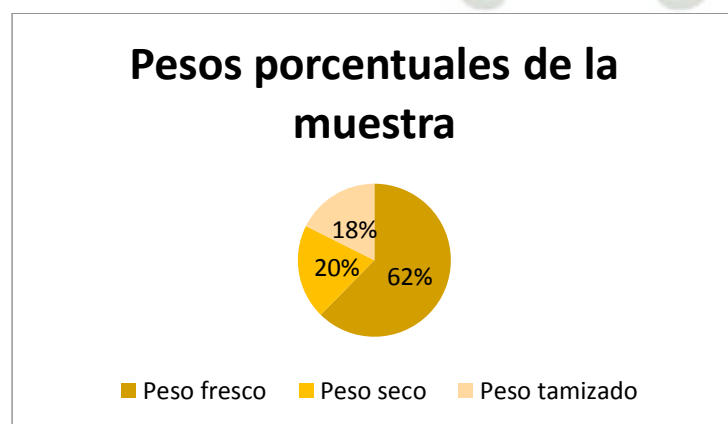
Tabla 13.

Peso total de cochinilla del carmín (2).

Muestra	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso tamizado (g)
D1	16.38	4.76	4.24
D2	24.12	8.05	7.18
D3	31.26	9.98	7.91
D4	12.01	3.82	3.40
D5	2.24	0.70	0.67
D6	26.64	8.19	7.46
D7	4.83	1.47	1.40
E1	8.51	2.66	2.42
E2	8.12	2.87	2.49
E3	7.32	2.35	2.10
E4	6.97	2.56	2.24
E5	21.56	8.09	7.04
E6	4.87	1.47	1.26
E7	9.49	3.43	2.42
F1	15.02	5.64	5.01
F2	17.61	5.25	4.41
F3	13.76	4.34	3.64
F4	7.14	2.38	2.03
F5	10.92	3.36	2.91
F6	23.07	6.69	5.85
F7	2.59	0.88	0.70
TOTAL	556.29	178.33	157.12
Promedio	13.25	4.25	3.74

Nota. Elaboración propia.

Figura 44. Comparativo de peso fresco, seco y tamizado de muestra.



Nota. Elaboración propia.

Se tiene que del total del peso de la muestra (100%), el 20% representa el peso seco y el 18% es el peso seco tamizado.

Tabla 14.

Cosecha en gramos/ha.

Área	N° Plantas	Peso en gramos		
		Fresco	Seco	Tamizado
Muestra	42	556.29	178.33	157.12
0.10 há	1,333	17,656	5,660	4,987
1 há	13,333	176,596	56,611	49,878

Nota. Elaboración propia

Tabla 15.

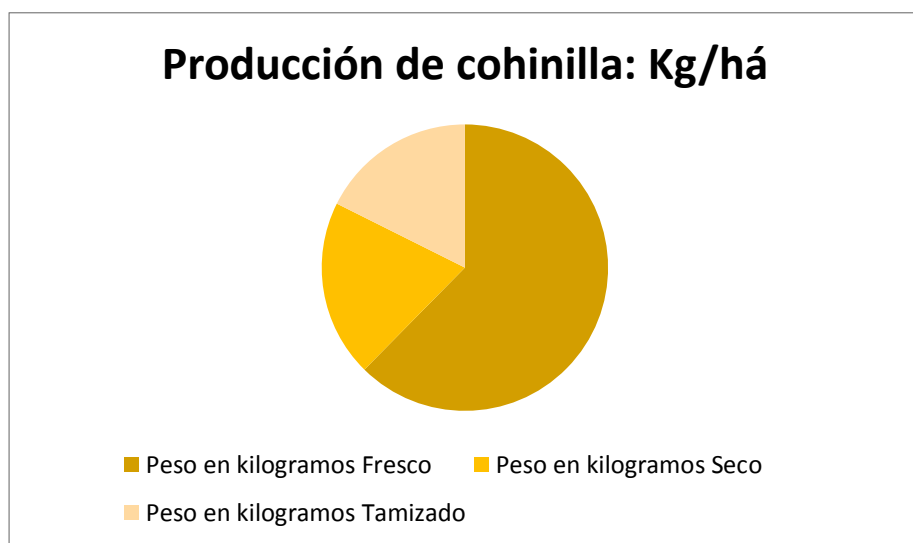
Producción anual de cochinilla en kilos/ha.

Área	N° Plantas	Peso en kilogramos		
		Fresco	Seco	Tamizado
1 ha/ campaña	13,333	177	57	50
1 ha/ año	13,333	530	170	150

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, haciendo la producción a escala, de acuerdo a la Tabla 15 se tiene que la producción anual en fresco fue de 530kg/há, en seco la producción fue de 170 kg/há y la producción de cochinilla tamizada fue de 150 kg/há.

Figura 45. Producción de cochinilla: Kg/há.



Nota. Elaboración propia.

4.6. Concentración de ácido carmínico

De acuerdo con los ensayos realizados en el laboratorio de investigación y servicios LABINVSERV de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, se efectuaron dos pruebas comparativas: secado de cochinilla al sol y secado en estufa, con el fin de establecer cuál método permite alcanzar una mayor concentración de ácido carmínico. Para ambas pruebas se aplicó el método FCC II.

a) Secado al sol

Según el informe de resultados (Anexo 05), se obtuvo lo siguiente:

Tabla 16.

Porcentaje de ácido carmínico: Secado al sol.

Análisis de	Unidad	Resultados	Método de ensayo aplicado
Ácido Carmínico	%	15.10	Método FCC II

Nota. Tomado del reporte LABINVSERV (2024).

Secado en estufa

De acuerdo al informe de ensayos (Anexo 06), se tiene:

Tabla 17.

Porcentaje de ácido carmínico: Secado en estufa.

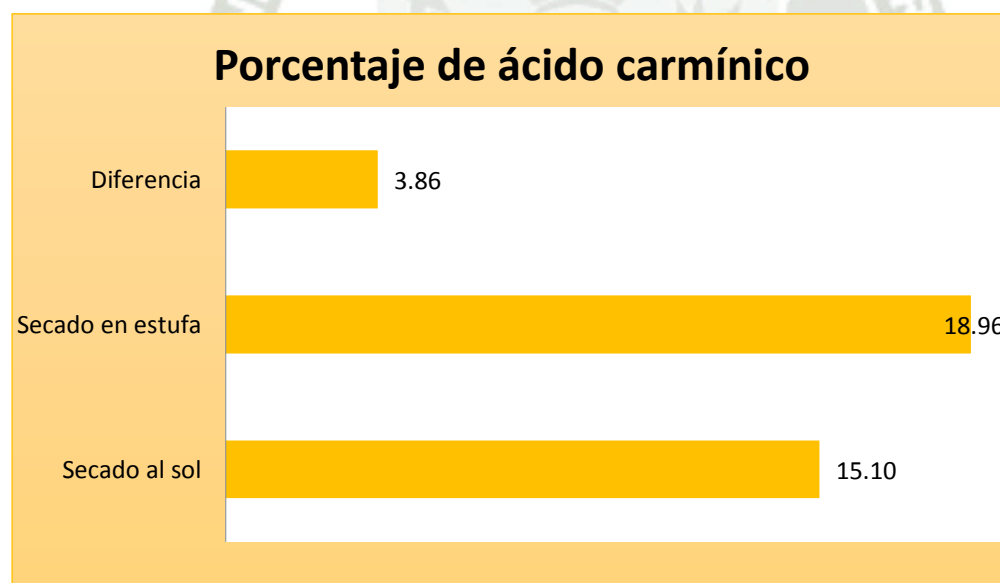
Análisis de	Unidad	Resultados	Método de ensayo aplicado
Ácido Carmínico	%	18.96	Método FCC II

Nota. Tomado del reporte LABINVSERV (2024).

Conforme a la Figura 46, tenemos que el secado por estufa tiene mayores beneficios para obtener un mayor porcentaje de ácido carmínico, siendo la diferencia favorable de 3.86% de concentración por el método de la estufa.

Resultados que nos indican que el método de secado por estufa tiene una eficiencia del 20.40% mayor que el del secado al sol.

Figura 46. Comparativo de obtención de ácido carmínico (%).



Nota. Elaboración propia.

4.7. Determinación de la rentabilidad de la cochinilla del carmín

La rentabilidad de la producción de cochinilla del carmín en el Fundo La Banda, Huasacache (UCSM), se encuentra dentro de los niveles registrados en la costa y por encima

de los estándares de la sierra, considerando la densidad de plantación, la producción de cochinilla y el porcentaje de ácido carmínico.

Densidad de plantación

En el área de estudio se infestaron 1,333 plantas en 1,000 m², equivalentes a 13,333 plantas/ha. Este valor es inferior a los parámetros promedio de la costa, donde la densidad suele superar las 2,500 plantas/ha (ver Tabla 18).

Tabla 18.

N° de plantas infestadas/há

N° plantas	
1,000 m ²	10,000 m ²
1,333	13,333.00

Nota. Elaboración propia.

Producción de cochinilla del carmín

Con tres cosechas anuales, la producción estimada alcanza 531 kg/ha de cochinilla fresca, 171 kg/ha de cochinilla seca y 150 kg/ha de cochinilla tamizada. Al comparar estos valores con los estándares nacionales, la producción en seco supera ampliamente los niveles de la sierra (50 kg/ha) y se aproxima a los de la costa (175 kg/ha) (Tabla 19 y Figura 47).

Tabla 19.

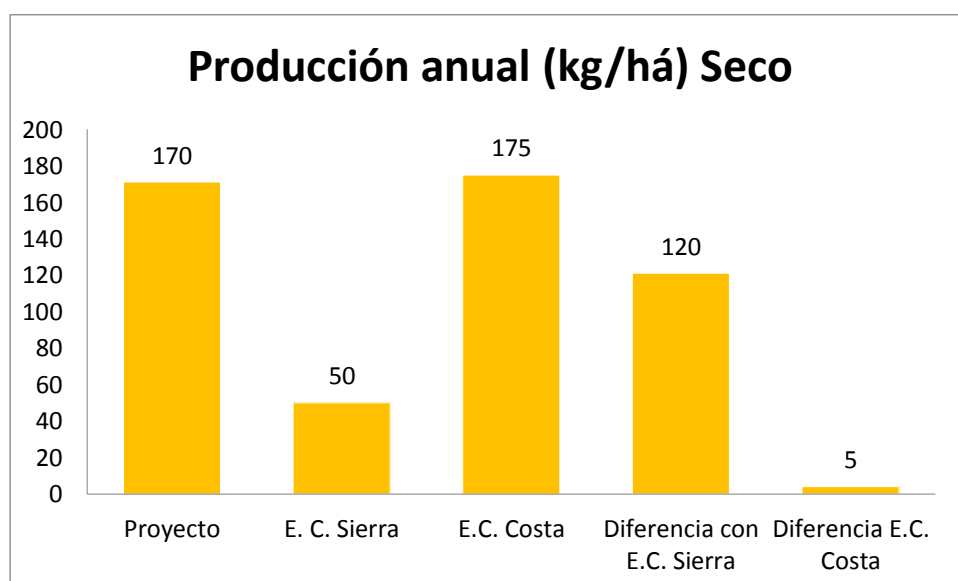
Comparativo de producción: Proyecto y estándares

Condición	Producción anual (kg/Ha)
	Seco
Proyecto	170
E. C. Sierra	50.00
E.C. Costa	175.00
Diferencia con E.C. Sierra	120
Diferencia E.C. Costa	5

Nota. Adaptado de León (2022) y elaboración propia.

E.C = Estándar en condiciones. Datos referenciales tomados de Agraria.pe (León, 2022).

Figura 47. Comparativo de producción anual: Proyecto y estándares.



Nota. Elaboración propia.

4.8. Concentración de ácido carmínico

El porcentaje de ácido carmínico en la cochinilla del proyecto varió según el método de secado: 15.10% al sol y 18.96% en estufa. Estos resultados muestran que el secado en estufa permite alcanzar concentraciones similares a las de la costa (18–20%) y superiores a las de la sierra (14%), lo que mejora la calidad del producto.

Rentabilidad

El análisis de costos por hectárea indica: costos fijos anuales son de 41,360.00 soles y los variables de 24,900.00 soles, con un costo total de 66,260.00 soles (Tablas 20 y 21).

Tabla 20.

Costos fijos de producción anual de cochinilla del carmín para por hectárea

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Preparación del terreno				2000
Siembra				1590
Infestación				546
Total anual por 1000 m ²				4136.00
Total anual por ha				41360.00

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21.

Costos variables de producción anual de cochinilla del carmín por hectárea

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Manejo del cultivo				720
Riego	Jr	2	90	180
Recojo de cartones	Jr	1	90	90
Deshierbo	Jr	1	90	90
Aplicación de herbicida	Jr	1	90	90
Aplicación de fertilizantes	Jr	1	90	90
Cosecha	Jr	2	90	180
Insumos (fertilizante, herbicida)				110
Total campaña por 1000 m ²				830.00
Total anual por hectárea				24,900.00

Nota. Elaboración propia. Jr.= Jornal

Tabla 22.

Ingresos por venta de cochinilla del carmín.

	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
Producción/Há	Kilos	150	302.25	45 337.00

Nota. Elaborado por la autora.

El ingreso por la venta de cochinilla seca alcanzó los 45,337.00 soles, considerando un precio de 79.75 USD/kg y un tipo de cambio de 3.79 S/ por dólar (Tabla 22).

Aplicando la fórmula de rentabilidad tenemos:

$$Rentabilidad = \frac{Utilidad}{Inversión} \times 100$$

Muestra un 117.21%, superando ampliamente el umbral mínimo de 20% considerado para negocios rentables (Tabla 23). Esto confirma que la producción de cochinilla del carmín en las condiciones del área de estudio es altamente rentable.

Tabla 23.

Rentabilidad

Utilidad	-20 923.00	
Inversión	66 260.00	
Rentabilidad	-31.56	-31.56%

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO V

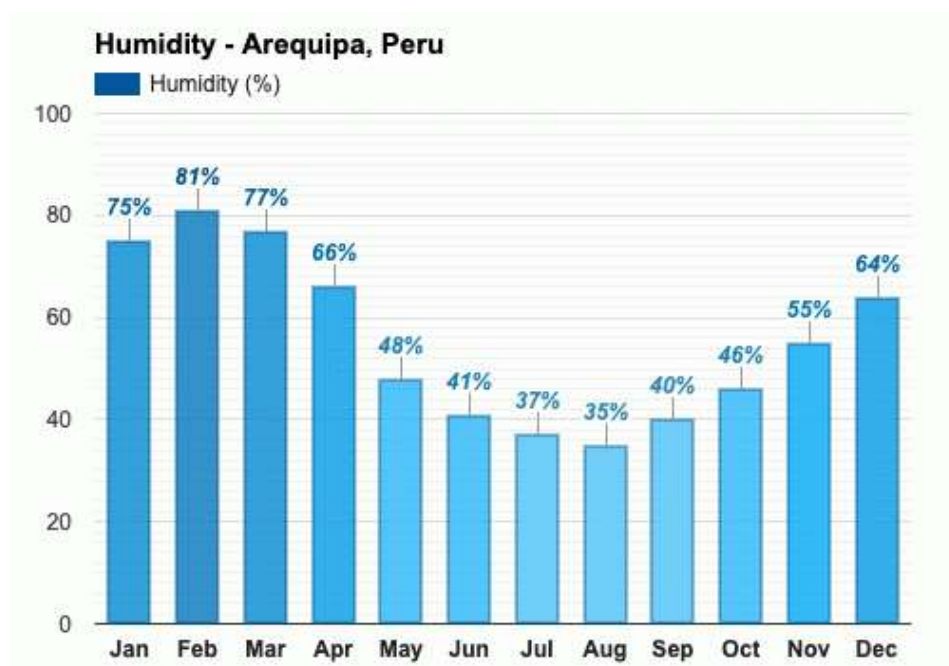
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La producción de cochinilla en Huasacache, con 170 kg/ha en seco, se encuentra dentro del rango considerado aceptable para la producción comercial en Perú, estimado entre 120 y 240 kg/ha/año según la FAO (2025). La producción de 530 kg/ha en fresco refleja un buen potencial productivo, considerando que el máximo reportado por la FAO puede alcanzar hasta 720 kg/ha/año. A pesar de que solo el 30.3 % del área estaba infestada a las 13 semanas, los resultados demuestran un rendimiento competitivo en cuanto a producción.

El estudio presenta limitaciones al haberse realizado en una sola estación de muestreo y carecer de datos complementarios de suelo o precipitaciones, por lo que las conclusiones deben considerarse preliminares.

Con base en la infestación artificial aplicada bajo los estándares de Huasacache, se observó que el desarrollo de la cochinilla en las palas de tuna es menor comparado con la costa, debido a factores edafoclimáticos. Las temperaturas nocturnas de la zona son relativamente bajas, lo que prolonga el ciclo de vida del insecto, a diferencia de zonas como La Joya, donde las temperaturas más favorables aceleran su desarrollo. La humedad relativa varía a lo largo del año, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la cochinilla principalmente en rangos de 80–86 % (Figura 48) (Weather Atlas, 2025).

La radiación solar directa también afecta el desempeño del insecto, y en la zona de estudio se registran altos niveles de insolación debido a la escasa cobertura atmosférica y la altitud.

Figura 48. *Humedad relativa de la ciudad de Arequipa*


Nota. Tomado de weather-atlas.com (2025).

Respecto a la calidad del producto, la concentración de ácido carmínico alcanzó 15.10 % en secado al sol y 18.96 % en secado en estufa, siendo este último más rentable al presentar un 3.86 % adicional de ácido carmínico. En comparación con los estándares nacionales, donde la concentración promedio en la sierra es 14 % y en la costa oscila entre 18–20 %, los resultados del estudio superan los estándares de sierra y se alinean con los valores de la costa.

En términos económicos, los costos de producción por hectárea fueron de 66,260.00 soles, mientras que los ingresos por venta alcanzaron los 45,337.00 soles, generando una rentabilidad negativa de -31.56 %, lo que confirma que la producción de cochinilla del carmín en Huasacache no es rentable bajo las condiciones evaluadas y por el precio estimado al momento de la elaboración del proyecto.

CONCLUSIONES

1. La concentración de ácido carmínico obtenida fue de 15.10 % para secado al sol y 18.96 % para secado en estufa, superando los estándares de sierra (14 %) y acercándose a los de costa (18–20 %).
2. La productividad de la cochinilla en Huasacache no es comercialmente aceptable debido al costo de la cochinilla, mientras que la producción se encuentra dentro de los rangos nacionales.
3. Optimizar la infestación y aplicar buenas prácticas agronómicas permitiría aumentar la productividad, consolidando a Huasacache como una zona competitiva en la cadena de valor de la cochinilla.
4. Se requiere realizar estudios más amplios y continuos para validar estos hallazgos de manera sostenible.

RECOMENDACIONES

1. Considerando que el método de secado en estufa alcanzó una mayor concentración de ácido carmínico (18.96 %), se aconseja priorizar o combinar este procedimiento con el secado solar, con el propósito de mejorar la calidad del pigmento obtenido y asegurar un uso eficiente de la energía disponible.
2. Aunque los niveles de producción registrados se encuentran dentro de los parámetros nacionales, los resultados económicos no son favorables. Por ello, se recomienda efectuar un estudio más detallado de los costos de producción, identificando los factores que incrementan los gastos y evaluando alternativas que permitan reducirlos mediante técnicas sostenibles o el empleo de recursos locales.
3. Se sugiere optimizar las labores de campo, especialmente en lo referente a la densidad de siembra, el control de plagas y el proceso de infestación de las plantas hospedantes. Además, la capacitación técnica a los productores en buenas prácticas agrícolas contribuiría a elevar los niveles de rendimiento por hectárea.
4. Es recomendable continuar con estudios durante diferentes periodos del año para analizar cómo las condiciones climáticas y del suelo influyen en el rendimiento y en la calidad del ácido carmínico. Estos análisis permitirán definir estrategias productivas adecuadas a las condiciones de Huasacache.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Agraria de Noticias. (01 de marzo de 2022). Perú es el principal productor mundial de cochinilla. Obtenido de Revista Industria Alimentaria:

<https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/peru-es-el-principal-productor-mundial-de-cochinilla>

AgrodataPerú. (9 de Mayo de 2024). Cochinilla Carmin Perú Exportación 2024 Abril.

Obtenido de <https://www.agrodataperu.com/2024/05/cochinilla-carmin-peru-exportacion-2024-abril.html>

Álvarez, J. (2002). Cultivo de la Tuna y Crianza de la Cochinilla. Insitituto Nacional de Investigación Agraria.

Álvarez, P., Guamán, G., Carpio, C., & Erazo, Á. (2023). Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica* L.) En invernadero. Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Barreda, D. (2020). Mejora de procesos en la producción de cochinilla para incrementar la productividad de la empresa agroexportadora Carmín S.R.L. Arequipa 2019. Universidad Católica de Santa María.

Catalá, M., Granero, M., & Rodrigo, E. (2010). Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera:Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. *oletín de Sanidad Vegetal - Plagas* (36): 23-35. Archivado desde el original el 22 de julio de 2016.

Cruz, S. (2014). Determinación de la relación beneficio costo en una unidad de producción de grasna cochinilla (*Dactylopius coccus* sp.) ubicada en el municipio de Villanueva,

Zacatecas. Zacatecas, México:

<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3850/63106%20%20%20%20%20CRUZ%20VELAZQUEZ%2C%20SILVIA%20%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>.

Fernández, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (4 de Noviembre de 2010). Experimentación en Agricultura. Obtenido de

<https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>

Govela, H. (2021). Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* COSTA) (Hemiptera: Dactylopiidae) con diferentes sistemas de infestación. Puebla, México: Recuperado de: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/60fb2db0-a147-4b19-bab4-cdc9ed986452/content>.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill.

Infoagro. (01 de marzo de 2022). Principal productor mundial de cochinilla. Obtenido de https://infoagro.com/noticias/2022/principal_productor_mundial_de_cochinilla.asp

INIA. (2002). Cultivo de la tuna y crianza de la cochinilla. Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Koo, W. (2023). Cochinilla Laca Perú Exportación 2023. Agrodata Perú.

León, J. (1 de Marzo de 2022). Perú es el principal productor mundial de cochinilla. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/peru-es-el-principal-productor-mundial-de-cochinilla-27137>

Llenderal, C., & Campos, F. (2001). Sistemas de producción de lagrana cochinilla. In: Producción de Grana Cochinilla. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. pp: 61-67.

- Mathews, J. C. (2023). Perú logró récord histórico exportador en el 2023: montos y los principales destinos. BigClick SAC.
- Nakamura, D. (2010). Arequipa es el principal productor nacional y mundial de cochinilla, informa Adex. Comité de Colorantes Naturales de la Asociación de Exportadores (ADEX).
- PQS. (3 de julio de 2015). Arequipa: Mesa de trabajo de cochinilla fortalece cadena productiva local. Obtenido de <https://pqs.pe/actualidad/economia/arequipa-mesa-trabajo-cochinilla-fortalece-cadena-productiva-local/>
- Rodríguez, L., & Niemeyer, H. (2001). Cochineal production: a reviving Precolumbian industry. *Athena Review* 2:76-78.
- Rodriguez, L., Faúndez, É., Seymour, J., Escobar, C., Espinoza, L., & Petroutsas, M. (2005). Factores Bióticos y Concentración de Ácido Carmínico en la Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae). Santiago y Valparaíso de Chile: Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000300011.
- Rossi, P. y Freeman, H. (1993). Evaluation. A systemic approach. Sage Publications, Beverly Hills. C.A. .
- Salas. (20 de junio de 2020). Crianza de Cochinillas y producción de carmín. Obtenido de <https://proyectosperuanos.com/cochinillas/>
- Serrato, J., Arroyo, G., & Rojas, R. (2016). Producción y control de calidad del insecto grana cochinilla. Guanajuato, México: Recuperado de: <http://www.repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2339/1/Producci%C3%B3n%20y%20Control%20de%20Calidad%20del%20Insecto%20Grana%20Cochinilla.pdf>.
- Sierra y Selva Exportadora. (06 de Marzo de 2017). Perfil de Mercado de la Cochinilla 2017-2021. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

SUNAT. (2023). Estadísticas de comercio exterior. Superintendencia Naonal de Aduanas y de
Adminsitración Tributaria.

Weather atlas. (2025). Clima y previsión meteorológica mensual. Obtenido de
<https://www.weather-atlas.com/es/peru/arequipa-clima>



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ácido carmínico: También denominado carmín acético, siendo una sustancia química compleja formada por iones de aluminio y calcio, adheridos a compuestos proteínicos, los que son empleados como colorantes naturales⁴⁵.

Productividad: Implica las mejoras que se dan en el proceso productivo de un determinado proceso, lo cual determina un comparativo favorable entre los recursos empleados y la cantidad de kilos de producto producido.



ANEXOS

Anexo 1.

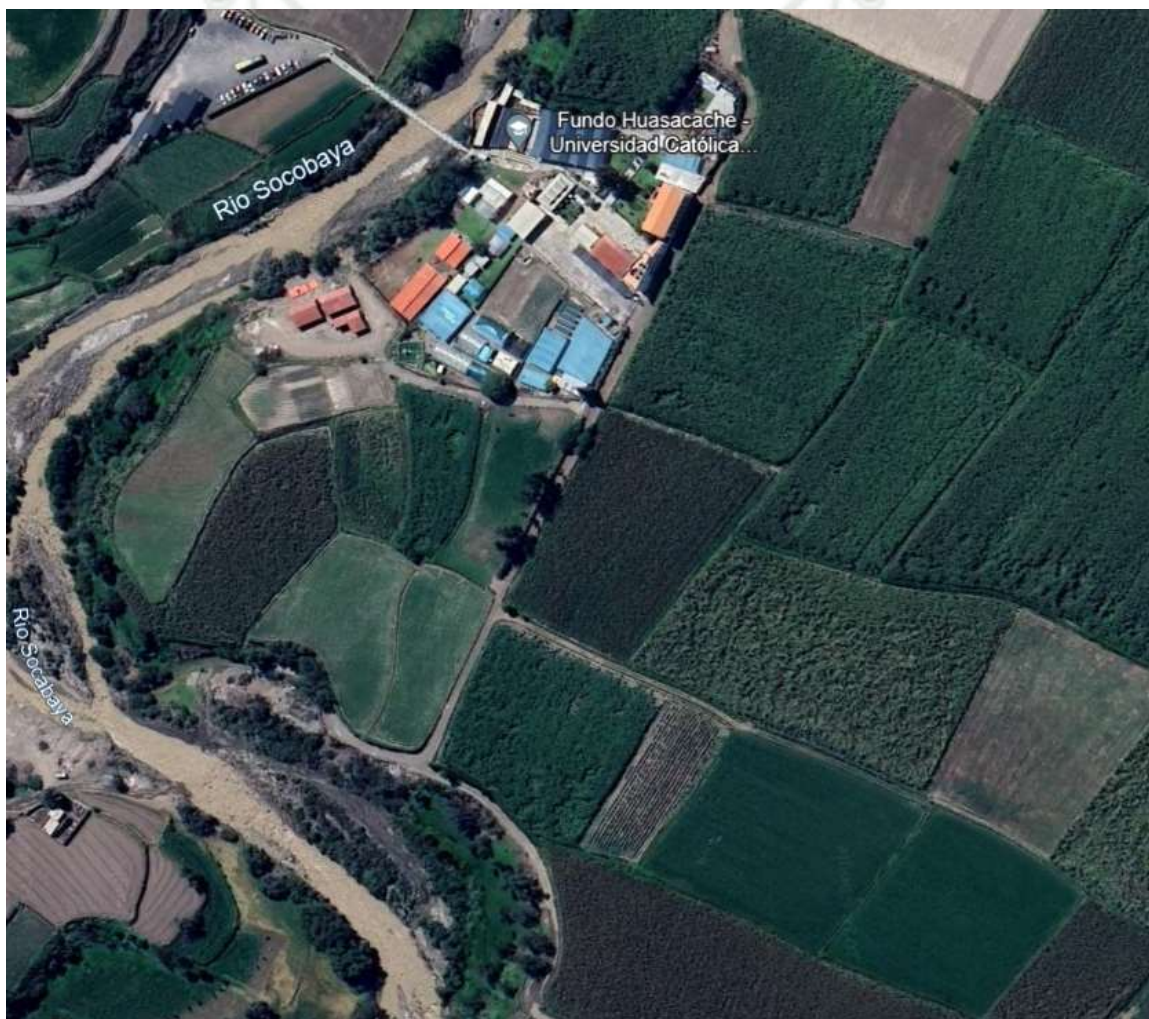
Mapa o croquis de ubicación

Coordenadas: Google earth

Latitud sur: $16^{\circ}27'29''$ S

Longitud oeste: $71^{\circ}34'01''$ W

Altitud: 2,203 m.s.n.m.



Anexo 2.

Croquis experimental

H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			
																			

Anexo 3.

Formato de evaluación del desarrollo de cochinilla del carmín

Semana	Área infestada																																			Promedio área infestada							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	1	3	3	4	3	5	4	3	2	4	3	2	1	3	3	6	3	2	1	0	2	2	3	2	2	4	2	2	1	2	3	2	6	2	1	2	1	0	2	2	1	1	2.4
2	15	12	18	12	18	25	12	10	15	14	23	34	23	18	21	22	16	21	22	17	16	18	22	19	16	27	18	15	14	16	12	18	28	11	9	8	13	6	8	16	12	22	17.0
3	18	13	19	15	19	28	20	11	23	15	31	36	24	20	22	25	17	26	22	34	17	28	25	32	18	28	19	17	14	22	13	23	29	12	11	11	13	14	11	23	14	24	20.4
4	24	14	20	18	23	29	20	12	28	17	34	36	25	22	23	25	23	26	23	36	18	30	32	34	24	30	22	21	19	25	18	24	34	14	13	12	15	16	16	24	17	29	23.0
5	32	28	21	21	24	35	21	16	30	19	37	38	30	26	24	27	25	28	25	38	19	34	34	36	25	33	28	29	22	28	21	26	35	18	23	15	24	18	23	27	24	34	26.7
6	35	29	24	26	28	36	23	21	33	23	38	38	33	28	26	29	27	30	27	39	22	35	36	37	27	34	30	30	27	30	26	29	36	19	24	19	26	19	26	28	25	36	28.9
7	36	30	24	28	29	37	24	22	32	24	39	38	34	28	27	30	29	31	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	29.9
8	36	31	25	28	29	38	25	23	34	25	39	38	35	28	28	30	29	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.2
9	36	31	25	28	29	38	25	23	34	26	39	38	37	28	28	30	30	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.3
10	36	31	25	28	29	38	25	24	35	27	39	38	37	28	28	30	30	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.3
11	36	31	25	28	29	38	25	24	35	26	39	38	37	28	28	30	30	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.3
12	36	31	25	28	29	38	25	24	35	26	39	38	37	28	28	30	30	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.3
13	36	31	25	28	29	38	25	24	35	26	39	38	37	28	28	30	30	32	29	39	24	36	37	38	29	35	32	31	27	32	28	31	36	22	25	21	27	20	25	28	26	36	30.3

Anexo 4.

Normas y dispositivos

Cuadro 1: Partida arancelaria de carmín de cochinilla

SECCION	VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS O DE LAS INDUSTRIAS CONEXA
CAPITULO	32. EXTRACTOS CURTIENTES O TINTÓREOS; TANINOS Y SUS DERIVADOS; PIGMENTOS Y DEMÁS MATERIAS COLORANTES; PINTURAS Y BARNICES; MÁSTIQUES; TINTAS
3203	Materias colorantes de origen vegetal o animal (incluidos los extractos tintóreos, excepto los negros de origen animal), aunque sean de constitución química definida; preparaciones a que se refiere la Nota 3 de este Capítulo a base de materias colorantes
<u>3203.00.21.00</u>	- De origen animal: De cochinilla

Fuente: SUNAT (arancel 2017)

Cuadro 2: Partida arancelaria de cochinilla e insectos similares

SECCION	I: ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL
CAPITULO	05. Los demás productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte
0511	Productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte; animales muertos de los Capítulos 1 ó 3, impropios para la alimentación humana.
<u>0511.99.10.00</u>	- cochinilla e insectos similares

Fuente: SUNAT (arancel 2017)

Cuadro 3: Partida arancelaria de laca de carmín

SECCION	VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS O DE LAS INDUSTRIAS CONEXA
CAPITULO	32. EXTRACTOS CURTIENTES O TINTÓREOS; TANINOS Y SUS DERIVADOS; PIGMENTOS Y DEMÁS MATERIAS COLORANTES; PINTURAS Y BARNICES; MÁSTIQUES; TINTAS
3205	Lacas colorantes; preparaciones a que se refiere la Nota 3 de este Capítulo a base de lacas colorantes.
<u>3205.00.00.00</u>	- Laca de carmín

Fuente: SUNAT (arancel 2017)

Anexo 5.

Informe de ensayos. Porcentaje de ácido carmínico secado al sol

 **UNSA**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

Laboratorio de Investigación y Servicios
LABINVSERV

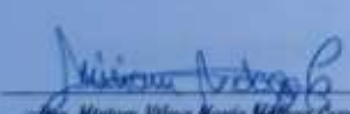
INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 25358-24

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADO:	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Ácido Carmínico	%	15.10	Método FCC II
OBSERVACIONES:			

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, el 29 de octubre de 2024.


Dra. Miriam Vilma María Meléndez Cornejo
Coordinadora(a) del Laboratorio
RCQP - 2593




Lic. Qqtm. Freddy Agustino Maldonado Peña
Químico Responsable
RCQP - 842

Anexo 6.

Informe de ensayos. Porcentaje de ácido carmínico secado en estufa

 **UNSA**
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTA MARÍA

Laboratorio de Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 25359-24

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Ácido Carmínico	%	18,96	Método FCC II
OBSERVACIONES:			

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, el 29 de octubre de 2024.


Dra. Miriam Ylana María Malloja Cornejo
 Coordinadora(e) del Laboratorio
 RCQP - 2539




Lic. Quím. Fredy Agustín Valderrama Peña
 Químico Responsable
 RCQP - 842

Anexo 7.
Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Interrogante principal ¿Es posible determinar el nivel de producción de cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, 2024?	Objetivo general Determinar el nivel de producción de cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda” Huasacache de la UCSM, 2024.	Hipótesis General Se determinó que el nivel de producción de cochinilla del carmín en condiciones edafoclimáticas del Fundo “La Banda” Huasacache de la UCSM, son permisibles para el inicio de una explotación comercial del cultivo de tuna con infestación y producción de cochinilla.	Variable Independiente: Producción de cochinilla	1. Estándar de productividad a) Dimensión b) Volúmenes de producción. 2. Evaluación económica de rentabilidad	Diseño de investigación No experimental
Interrogantes específicas I.E.1 ¿Es posible determinar la concentración del ácido carmínico óptimo de acuerdo al nivel de infestación aplicado? I.E.2 ¿Es posible determinar el rendimiento y productividad de la cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, 2024? I.E.3 ¿Es posible establecer la rentabilidad de la producción de cochinilla del carmín en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, 2024?	Objetivo específico OE.1. Determinar la concentración del ácido carmínico óptimo de acuerdo al nivel de infestación aplicado. OE.2. Determinar el rendimiento y productividad de la cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, 2024. OE.3. Establecer la rentabilidad de la producción de cochinilla del carmín en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, 2024.	Hipótesis Específicas HE.1 La concentración del ácido carmínico se encuentra en niveles óptimos entre 18% a 20% con el nivel de infestación aplicado. HE.2. El rendimiento y productividad de la cochinilla del carmín (<i>Dactylopius coccus</i>) en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM, son aceptables comercialmente. HE.3. La producción de cochinilla del carmín en las condiciones edafoclimáticas del Fundo La Banda de Huasacache de la UCSM es de rentabilidad positiva.	Variable Independiente: 1. Nivel de infestación. 2. Concentración de ácido carmínico	1. Infestación a) Área infestada de tuna. b) Oviposición. c) Crecimiento de cochinilla. d) Cosecha de hembras oviplenas. 2. Extracción de carmín. a) Peso b) Concentración de ácido carmínico.	Tipo de Investigación Cuantitativo, descriptivo.