



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

EFICACIA DE MÉTODOS DE INFESTACIÓN DE GRANA
COCHINILLA (*Dactylopius coccus* Costa) EN TUNA (*Opuntia ficus*
***indica*. L) EN INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL**
TUNSHI.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

GIULIANA BELÉN GUAMÁN WALLANCAÑAY

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EFICACIA DE MÉTODOS DE INFESTACIÓN DE GRANA
COCHINILLA (*Dactylopius coccus* Costa) EN TUNA (*Opuntia ficus
indica*. L) EN INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL
TUNSHI.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: GIULIANA BELÉN GUAMÁN WALLANCAÑAY

DIRECTOR: Ing. PABLO ISRAEL ÁLVAREZ ROMERO Ph. D

Riobamba-Ecuador

2022

© 2022, **Giuliana Belén Guamán Wallancañay**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Giuliana Belén Guamán Wallancañay, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 7 de diciembre del 2022.

Giuliana Belén Guamán Wallancañay

060531066-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EFICACIA DE MÉTODOS DE INFESTACIÓN DE GRANA COCHINILLA (*Dactylopius coccus* Costa) EN TUNA (*Opuntia ficus indica*. L) EN INVERNADERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**, realizado por la señorita: Giuliana Belén Guamán Wallancañay, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Victor Alberto Lindao Córdova Ph.D PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	-----	2022-12-07
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	-----	2022-12-07
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba Ph.D. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	-----	2022-12-07

DEDICATORIA

Dedico este trabajo fruto de esfuerzo y dedicación con mucho respeto a mis admirables padres Luis y Gloria, a mis hermanos Yael, Eliana, Luis Joel y Noelia, que siempre me apoyaron incondicionalmente en todo el transcurso de mi vida estudiantil.

Giuliana

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme colmado de fe y esperanza para concluir este sueño que no es solo mío sino de toda mi familia. Al Dr. Pablo Álvarez Romero director de TIC, Dr. Carlos Carpio en calidad de asesor de TIC e Ing. Cristian Mantilla por su predisposición, conocimiento, paciencia, motivación y apoyo incondicional en la culminación de la presente investigación. A toda mi familia que de una u otra manera estuvieron junto a mí con su apoyo en cada paso y decisión, en especial al amor de mi vida Walter Julio M. No puedo dejar de lado a mis amigos Dayse, Klever, Eduardo, Stalin y compañeros que estuvieron apoyándome durante este trayecto. ¡GRACIAS a todos!

Giuliana

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO 1

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.3. Problema General de Investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Justificación.....	4
1.6.1. Justificación Teórica	5
1.6.2. Justificación Práctica.....	5
1.7. Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de investigación	6
2.2. Referencias Teóricas	7
2.2.1. Grana Cochinilla (<i>Dactylopius coccus</i> Costa).....	7
2.2.1.1. Origen e importancia	7
2.2.1.2. Clasificación taxonómica.....	7
2.2.1.3. Ciclo Biológico de <i>Dactylopius coccus</i> Costa	8

2.2.1.4. <i>Fases de desarrollo o estados del insecto</i>	8
2.2.1.5. <i>Ecología</i>	11
2.2.1.6. <i>Composición química</i>	11
2.2.1.7. <i>Aplicaciones y usos de la cochinilla</i>	11
2.2.2. Factores bióticos	12
2.2.3. Factores abióticos	13
2.2.4. Infestación	15
2.2.5. Métodos de Infestación	15
• <i>Método de Pencas Infestadas</i>	15
• <i>Método del Recipiente</i>	15
• <i>Método de las bolsitas de "tul"</i>	15
2.2.6. Grados de Infestación	16
2.2.7. Proceso de industrialización	16
• <i>Cosecha y rendimiento</i>	17

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Enfoque de investigación	20
3.2. Nivel de Investigación	20
3.3. Diseño de investigación	20
3.3.1.1. <i>Factores en estudio</i>	21
3.3.1.2. <i>Variables en estudio</i>	21
3.3.1.4. <i>Tipo de diseño experimental</i>	22
3.4. <i>Análisis estadístico</i>	22
3.5. <i>Análisis funcional</i>	22
3.6. <i>Análisis económico</i>	23
3.7. Según la manipulación o no de la variable independiente	23
3.8. Según las intervenciones en el trabajo de campo	23
3.9. Tipo de estudio	23
3.10. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	23
3.11. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	24
3.11.1. <i>Características del área experimental</i>	24

3.11.1.1. Localización del estudio.....	24
3.11.1.2. Ubicación geográfica del lugar	24
3.11.1.3. Clasificación de la zona ecológica	24
3.11.1.4. Condiciones climatológicas	24
3.12. Materiales y equipos.....	25
3.12.1. Material biológico.....	25
3.12.2. Material de laboratorio.....	25
3.12.3. Materiales de campo	25
3.12.4. Material de toma de datos.....	26
3.12.5. Equipos de campo	26
3.12.6. Equipos de oficina.....	26
3.13. Métodos de evaluación.....	26
3.13.1. Infestación.....	26
3.13.2. Grado de Infestación	26
3.14. Número de cochinillas por cladodio.....	27
3.15. Porcentaje de mortalidad.....	27
3.16. Manejo del ensayo.....	27
3.16.1. Material del invernadero	27
3.16.2. Recolección de las pencas	28
3.16.3. Labores bajo invernadero	29
3.16.4. Control de malezas	30
3.16.5. Cosecha de grana cochinilla	30
3.16.6. Sacrificio y secado de la cochinilla	31

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados	32
4.1.1. Grado de infestación	32
4.1.2. Abundancia de cochinilla por cladodio.....	33
4.1.3. Porcentaje de mortalidad.....	40
4.1.4. Peso fresco	42
4.1.5. Peso seco	44
4.1.6. Análisis económico	45

4.2.	Discusión.....	47
4.3.	Comprobación de la hipótesis.....	50

CAPÍTULO V51

5.1.	CONCLUSIONES.....	51
5.2.	RECOMENDACIONES.....	52

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Clasificación taxonómica de <i>Dactylopius coccus</i>	8
Tabla 2-2:	Ciclo de desarrollo de la cochinilla	10
Tabla 3-2:	Condiciones ecológicas favorables para la cochinilla	11
Tabla 4-2:	Composición química de la cochinilla.....	11
Tabla 5-2:	Grados de infestación en la tuna.....	16
Tabla 6-2:	Grados de Infestación	16
Tabla 7-3:	Descripción de los tratamientos en estudio	20
Tabla 8-3:	Factores y niveles de medición en estudio	21
Tabla 9-3:	Análisis de varianza para el diseño bifactorial de los métodos de infestación y N° de hembras por cladodio.....	22
Tabla 10-3:	Grados de infestación	27
Tabla 15-4:	Análisis de varianza del N° de cochinillas a los 20 días.....	33
Tabla 16-4:	Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 40 días.....	35
Tabla 17-4:	Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 60 días.....	36
Tabla 18-4:	Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 80 días.....	38
Tabla 19-4:	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 30 días	40
Tabla 20-4:	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 50 días	41
Tabla 21-4:	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 70 días.....	42
Tabla 22-4:	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 90 días	42
Tabla 23-4:	Análisis de varianza del peso fresco de cochinillas a los 90 días	43
Tabla 24-4:	Análisis de varianza del peso seco de cochinillas a los 90 días.....	44
Tabla 25-4:	Cálculo de costos variables en los tratamientos en estudio.	45
Tabla 26-4:	Beneficio neto de los tratamientos en estudio.	46
Tabla 27-4:	Análisis de dominancia.....	46
Tabla 28-4:	Análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos NO DOMINADOS.....	47
Tabla 29-4:	Comparación de medias del factor A: Métodos de Infestación.....	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3:	Vista frontal de las estanterías de los tratamientos con 10 repeticiones	30
Ilustración 8-4:	Abundancia por cladodio a los 20 días para el factor A.....	34
Ilustración 9-4:	Abundancia por cladodio a los 20 días para el factor B.....	34
Ilustración 10-4:	Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor A.....	35
Ilustración 11-4:	Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor B	36
Ilustración 12-4:	Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor A	37
Ilustración 13-4:	Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor B.....	38
Ilustración 14-4:	Abundancia por cladodio a los 80 días según factor A	39
Ilustración 15-4:	Abundancia de grana cochinilla a los 80 días según factor B.....	39
Ilustración 16-4:	Porcentaje de mortalidad a los 30 días.....	41
Ilustración 17-4:	Peso fresco de la cochinilla a los 90 días.....	43
Ilustración 18-4:	Peso seco de la cochinilla a los 90 días.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INSTALACIÓN DEL ENSAYO
- ANEXO B:** INFESTACIÓN DE CLADODIOS MEDIANTE LOS 3 MÉTODOS EN ESTUDIO
- ANEXO C:** GRADO DE INFESTACIÓN POR LOS 3 MÉTODOS
- ANEXO D:** ABUNDANCIA DE GRANA COCHINILLA POR LOS 3 MÉTODOS
- ANEXO E:** LECTURA DE DATOS
- ANEXO F:** COSECHA DE GRANA COCHINILLA Y PESO FRESCO
- ANEXO G:** PESO SECO
- ANEXO H:** EJEMPLARES DE GRANA COCHINILLA HEMBRA Y MACHO
- ANEXO I:** DEPRECIACIÓN DEL INVERNADERO.

RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo determinar la eficacia de 3 métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica*. L) así como determinar el número óptimo de hembras madre en invernadero en la Estación Experimental Tunshi para lo que se empleó el diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial (Factor A: Métodos de Infestación y Factor B: N° de hembras madre por cladodio) con 3 niveles de medición y se establecieron 90 unidades experimentales, 9 tratamientos con 10 repeticiones por cada uno. Los métodos que se evaluaron para la infestación de los cladodios fueron: pencas infestadas; método de recipiente, método de la bolsita de tul. Para el análisis e interpretación de resultados se realizó análisis de varianza obteniendo que en invernadero el método de infestación de mayor eficacia para la producción de grana cochinilla en la Estación Experimental Tunshi, fue el método de Pencas infestadas ya que produjo el mejor grado de infestación y mayor abundancia de grana cochinilla en las cuatro evaluaciones ejecutadas, de igual manera en invernadero el número óptimo de hembras por cladodio para la producción de grana cochinilla fue el tratamiento T2 (P.I + 20 hemb/cladodio).de 20 hembras donde se obtuvo un alto número de grana cochinilla a los 20, 40, 60 y 80 días después de la infestación. Se recomienda estudiar el efecto de insectos plaga como es el caso de las arañas que tejen sus redes en donde mueren los insectos macho de grana cochinilla.

Palabras clave: <INFESTACIÓN>, <CLADODIO>, <COCHINILLA>, <EFICACIA>, <PIGMENTO>.

0010-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the efficiency of 3 infestation methods for grana cochineal (*Dactylopius coccus Costa*) production on prickly pear (*Opuntia ficus indica. L*) as well as to determine the optimum number of mother females in the greenhouse at the Tunshi Experimental Station, a completely randomized experimental design (CRD) with a bifactorial arrangement (Factor A: Infestation methods and Factor B: Number of mother females per cladode) with levels of measurement was used and 90 experimental units were established, 9 treatments with 10 replications for each one. The evaluated methods for cladodeum infestation were: infested stalks; container method and tulle bag method. For the analysis and interpretation of results, analysis of variance was carried out, finding that the most effective infestation method for the production of cochineal grenadine at the Tunshi Experimental Station greenhouse was the infested stalks method, since it produced the best degree of infestation and the greatest abundance of cochineal grenadine in the four carried out evaluations, likewise in the greenhouse the optimum number of females per cladode for the production of cochineal grenadine was the T2 treatment (P. I + 20 females/cladode) of 20 females where a high number of grana cochineal was obtained at 20, 40, 60 and 80 days after infestation. It is recommended to study the effect of insect pests such as spiders that weave their webs where the male grana cochineal insects die.

Key words: <INFESTATION>, <CLADODIUM>, <COCHINILLA>, <EFFICACY>, <PIGMENT>.

Lcda. Elsa Basantes A. Mgs

0603594409

INTRODUCCIÓN

La grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) es un insecto Hemíptero perteneciente a la familia *Dactylopiidae* originario de Oaxaca, México que produce naturalmente el carmín y ácido carmínico, colorante que presenta una tonalidad purpura rojo brillante natural que tiene la propiedad de cambiar de coloración según el pH de la solución que forme parte, es así que mezclado con ácidos (como el jugo de limón) da otros tonos de rojo, pero al combinarse con los alcalinos cambia a morado.

En el mercado la calidad mejor cotizada es la que contiene más del 22% de ácido carmínico, cernida en malla 14 (1,295 cm) y con menos del 1% de impurezas (Vigueras y Portillo, 2014 , pp. 62-65). Esta especie es de gran interés económico para pequeños y grandes productores de diversos lugares ya que podría ser una alternativa para mejorar los ingresos de familias (Bissanti, 2019).

Este colorante es utilizado principalmente en el área textil, pero al ser una sustancia inofensiva para la salud humana se emplea también en las industrias alimenticia, farmacéutica, cosmética, como controlador biológico de tuneras que pueden convertirse en especies invasoras. Otras aplicaciones de este pigmento pueden ser que al tener como principal componente al ácido carmínico y posee propiedades antioxidantes, por lo que contribuiría a la preservación frente al deterioro oxidativo (Urbina et al. 2018, pp 46-49).

La tuna (*Opuntia ficus indica*. L) es utilizada como albergador de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) para su cría inducida en donde se utilizan sus cladodios, ya que este insecto se alimenta de su savia. Para la infestación se emplea métodos en los que se utilizan materiales a manera de nidos que contienen a las hembras madres ovíparas para iniciar la infestación. Es importante determinar la cantidad óptima de hembras ovíparas que se han de emplear en cada nido de infestación a fin de obtener colonizaciones óptimas del insecto, expresadas en función del número y el peso de hembras ovíparas obtenidas por cladodio infestado. El número recomendado de hembras ovíparas por nido fluctúa de 5 a 25, con valores intermedios de 10, 15 y 20 (Coya, 2015 p. 36).

El diseño experimental empleado en esta investigación fue diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial donde se establecieron 90 unidades experimentales, 9 tratamientos con 10 cladodios de tuna por tratamiento. Los métodos que se emplearon para la infestación de los cladodios fueron: pencas infestadas que consiste en recoger las pencas en el campo para infestarlas de forma natural; método de recipiente en que se utilizaron cajas Petri y en cada una se colocó un número de

grana cochinilla, luego se cubrió con una gasa de tal forma que sobre ella se depositen los huevos, los insectos permanecieron en las cajas durante 20 días y posteriormente se procedió a ubicar la gasa en el tercio medio del cladodio; método de la bolsita de tul, se emplearon bolsitas de tul cuyas dimensiones fueron 8cm de largo por 4 cm de ancho, aquí se colocó un número de hembras de grana cochinilla., luego las bolsitas se ubicaron en el tercio medio del cladodio sujetas con palillos.

Por lo que este trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar la eficacia de 3 métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica*. L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi, el documento está conformado por 5 capítulos que son: capítulo I problema de investigación, capítulo II marco teórico referencial, capítulo III marco metodológico, capítulo IV marco de resultados y discusión de los resultados, capítulo V conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 1

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En Ecuador en los últimos 5 años no existen suficientes estudios sobre la eficacia de métodos de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) así como también del número óptimo de hembras madre para la infestación inducida de cladodios de tuna o nopal y así obtener altas producciones, este insecto tiende a ser de suma importancia económica, debido a que mediante este se obtiene el carmín que viene a ser un colorante de tono rojizo considerado como natural ya que no produce ningún tipo de reacción anormal en el ser humano por lo que también es utilizado en distintas industrias tales como cosmética, alimenticia, farmacéutica y textil, En la actualidad al ser considerado como producto inofensivo para la salud humana tanto la cochinilla seca como el carmín son sumamente conocidos en el mercado internacional.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

Este proyecto de investigación está delimitado de acuerdo a los siguientes ítems.

- **Objeto de estudio:** Evaluar la eficacia de los métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica* L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi.
- **Campo de acción:** Agricultura sustentable
- **Localización:** Provincia: Chimborazo, Cantón: Riobamba, Parroquia Licto, Comunidad: Tunshi.

1.3. Problema General de Investigación

Estudios previos mostraron que existe asociación estadística entre el método de infestación y el número de hembras por cladodio, estos hallazgos se deberán rechazar o aceptar en la presente investigación que busca responder la siguiente pregunta:

¿Cuál es la eficacia de los métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica* L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi?

1.4. Problemas específicos de investigación

- ¿Cuál es el método de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en invernadero en Estación Experimental Tunshi de mayor eficacia?
- ¿Cuál es el número óptimo de hembras madre por cladodio de tuna (*Opuntia ficus indica* L) para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi?
- ¿Son viables económicamente los tratamientos en estudio?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la eficacia de los métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica* L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar el método de infestación de mayor eficacia para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en invernadero en Estación Experimental Tunshi.
- Definir el número óptimo de hembras madre por cladodio (penca) de tuna (*Opuntia ficus indica*. L) para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en invernadero en Tunshi.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

A partir de las referencias bibliográficas revisadas para la elaboración del marco teórico, con la realización de esta investigación se aportará información actual de los métodos de infestación de grana cochinilla y el número óptimo de hembras madre, ya que, en las condiciones climatológicas de nuestro medio se desconoce el método de mayor eficacia para la infestación inducida de grana cochinilla.

1.6.2. Justificación Práctica

La grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) naturalmente produce el colorante ácido carmínico que es utilizado en varias industrias principalmente en la textil. La producción y comercialización de la grana cochinilla produce un gran interés en pequeños y grandes productores de diversos lugares ya que podría ser una alternativa para mejorar los ingresos de sus familias.

Por lo antes mencionado, y considerando la importancia económica que tiene este insecto, se planteó dicho proyecto de investigación cuyo propósito es la determinación de la eficiencia de los métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en invernadero en la estación experimental Tunshi.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis nula

Ninguno de los métodos de infestación aumenta la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa).

1.7.2. Hipótesis alternativa

Al menos uno de los métodos de infestación aumenta la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

En el país no se reporta la realización de suficientes estudios sobre la eficacia de los métodos de infestación de grana cochinilla y el número óptimo de hembras madre de grana cochinilla para la infestación inducida, ni el número óptimo de hembras madre, a continuación, se describen los existentes y los relacionados al tema dentro del continente:

En el ensayo realizado en la provincia de Santiago del Estero, Argentina sobre Infestaciones inducidas de grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera, Dactylopiidae), el objetivo fue obtener factores de rendimiento y el número óptimo de hembras madre de grana cochinilla a utilizar para las infestaciones inducidas. La producción se evaluó en base a al número de hembras madre de grana cochinilla y el peso fresco de los insectos cosechados. La cantidad óptima obtenida como resultado fue de 15 hembras de grana cochinilla y finalmente determinaron que la mayor producción se obtuvo en verano (Diodato, et al. 2009, pp. 23-36).

En el trabajo de investigación “Eficacia de los métodos de infestación y el número óptimo de hembras madre por cladodio de tuna (*Opuntia ficus indica*), para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa), bajo invernadero en la comunidad Chingazo Alto del cantón Guano, Provincia de Chimborazo” obtuvo como resultado el T2 (Bolsita de tul + 20 hembras por cladodio) con mayor grado de infestación y número de cochinillas por cladodio a los 90 días por lo que el método más eficiente es el de bolsita de tul con 20 hembras madre por cladodio para la infestación. A nivel económico obtuvo que el T5 (Recipiente + 10 hembras por cladodio) tuvo el menor costo de producción y el T4 (Pencas infestadas + 20 hembras por cladodio) un mayor costo en su producción. El T2 (Bolsita de tul + mas 20 hembras por cladodio) obtuvo la mayor tasa de retorno marginal (Gusqui, 2012, pp. 45-56).

En el trabajo de investigación producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Hemiptera: Dactylopiidae) con diferentes sistemas de infestación con el fin de evaluar el método de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) más eficiente en la zona de Puebla, se utilizó un nuevo método de infestación con hoja de maíz, el cual se comparó con tres métodos ya

probados: tenate, bolsa de tul y gravedad obteniendo como resultado, que para la producción en fresco el método de tenate fue el más eficiente, mientras que el método de hoja de maíz quedó en segundo lugar, mientras que para la producción de peso seco, el método de hoja de maíz fue el más eficiente. (Govela, 2021, pp. 34-37).

A pesar de que el método de hoja de maíz no logró sobresalir en todos los análisis estadísticos realizados en la investigación, se puede considerar una nueva opción de método de infestación de grana cochinilla en la zona de estudio, además de considerarse sustentable, económico y fácil de conseguir y elaborar para los productores de nopal (Govela, 2021, pp. 13-28).

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. Grana Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa)

2.2.1.1. Origen e importancia

La grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) es un insecto hemíptero cuyo origen es de México proveniente de la familia Dactylopidae, También considerada con los nombres de grana cochinilla, cochinilla grana, nocheztlí o simplemente cochinilla. Este insecto pertenece al orden de los hemípteros, que se caracterizan por poseer trompa chupadora, lo que le permite vivir exclusivamente de las plantas cactáceas. Es de cuerpo blando, plano y oval. El ácido carmínico, presente en el interior del cuerpo, sólo se extrae de la cochinilla hembra. No tienen alas y miden entre 5 y 6,5 mm, están dispuestas en grupos grandes que parecen una especie de almohadillas blancas sobre la planta, mientras que, los machos sí poseen alas y miden 2,2 mm de largo (Agroproductores, 2020).

El hospedero preferido por este insecto es la especie de tuna, donde la grana cochinilla se adhiere en las pencas para llevar a cabo su ciclo biológico. La cochinilla es un insecto oriundo de México y de Perú, Bolivia y Ecuador países considerados como andinos. Dicho insecto parasita también a los géneros *Opuntia* y *Nopalea* (Barreda, 2019, p 34). El carmín es un producto natural descubierto y utilizado por las cultura maya y azteca, hace más de 500 años los aztecas criaban estos insectos para elaborar tintes, pinturas y a modo de moneda para pagar impuestos y tributos (Barreda, 2019, pp 11-17).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la cochinilla según Agroproductores, (2020) es:

Tabla 1-2: Clasificación taxonómica de *Dactylopius coccus*.

Phylum: <i>Arthropoda</i>	<i>Arthropoda</i>
Clase:	Insecta
Orden:	<i>Hemiptera</i>
Suborden:	<i>Sternorrhyncha</i>
Superfamilia:	<i>Coccocidea</i>
Familia:	<i>Dactylopiidae</i>
Género:	<i>Dactylopius</i>
Especie:	<i>Coccus</i>
Nombre científico:	<i>Dactylopius coccus</i> Costa
Nombre común:	Cochinilla del carmín

Fuente: Agroproductores, 2020.

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

2.2.1.3. Ciclo Biológico de *Dactylopius coccus* Costa

La hembra de *Dactylopius coccus* Costa presenta los estados de huevo, ninfa I, ninfa II, y hembra adulta; mientras que el macho pasa por el estado de huevo, ninfa I, ninfa II, prepupa, pupa y adulto (Bissanti, 2019). La duración del ciclo biológico de la cochinilla depende de factores, como la presencia de enemigos naturales, factores climatológicos que juegan un papel importante durante la maduración de los insectos: granizo, temperaturas inferiores a 20 ° C y superiores a 30 ° C, la lluvia y el viento pueden comprometer el desarrollo de los insectos (Bissanti, 2019).

La ovoposición durante el periodo reproductivo tiene oscilaciones que varían cada día, lo cual es más frecuente en la fase inicial porque más del 50% de las crías son paridas en los cinco primeros días (Delgado & Roque, 2018, pp 34-38)

2.2.1.4. Fases de desarrollo o estados del insecto

- Huevo

Es de forma ovalada color amarillo transparente que luego cambia a color rojizo. Están adheridos a la parte posterior de las hembras a manera de grupos, su tamaño es de 1 mm y su tiempo de duración es casi 20 minutos (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Ninfa I

También se llama ninfa migrante, sus principales características es que su cuerpo es oval alargado, mide 0,75 mm de largo, por 0,40 mm de ancho, tiene antenas y patas bien desarrolladas, tienen un par de ojos y se mueve de un lugar a otro de la penca para buscar una mejor ubicación y allí se fija hasta la etapa adulta y la muerte, este estado tiene una duración mínima de 21 días y una máxima de 25 días (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Ninfa II

Su cuerpo es ovalado, presenta una cubierta de una cera pulverulenta blanca, tiene antenas y patas pequeñas, lo que permite distinguirla de la ninfa 1. A lo largo de este estadio se mantiene fija, y la duración del estadio es un mínimo de 13 y 18 días como máximo (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Macho

Es más pequeño que la hembra, tiene cabeza, tórax y abdomen muy bien diferenciados; el abdomen finaliza en dos filamentos largos; tiene un par de alas y antenas bien desarrolladas, no presenta órganos bucales y su tiempo de vida es muy corto. El número de machos es en proporción siempre menor que el de las hembras. La diferenciación del macho ocurre en el estadio de ninfa II cuando se comienza a desarrollar un cocón de color blanco y consistencia serosa. Luego se presenta el estado de pre-pupa y pupa, y en su interior se desarrolla el macho adulto, estos no tienen provecho económico, solo participan en la reproducción de la especie. Cada macho copula en promedio a 200 hembras en 3 a 4 días de vida efímera (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Estado de pre ovoposición (Copula)

La ninfa II muda para volverse adulta, su forma es ensanchada, en la parte vertebral, es decir, de forma ovoide, de color blanco, el tamaño depende de las condiciones de clima y del periodo de

reproducción, la ninfa II se encuentra lista para la cópula, el cual dura 30 días como mínimo y un máximo de 50 días (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Estado de ovoposición (Madre)

En este estado el insecto no presenta patas y alcanza la madurez sexual cuando tiene 90 días desde el nacimiento, el tiempo que demora la postura es en promedio 20 días, pero esto varía según sea la altitud ecológica en la que se encuentra su hábitat y luego muere lentamente, este estado dura un mínimo de 28 días y un máximo de 40 días (Coya, 2015, pp. 45-48).

- Post ovoposición

En este estado la hembra concluye la puesta de huevos, pero el potencial reproductivo depende en promedio de la postura por hembra, así como de la proporción de sexos durante las épocas del año, la puesta de huevos puede ocurrir en cualquier estación del año se calculan casi 200 huevos por hembra, este estado dura como mínimo 10 días y como máximo 20 días (Coya, 2015, pp. 45-48).

En resumen, en la **Tabla 2-2** se presenta el ciclo de desarrollo de machos y hembras de la cochinilla.

Tabla 2-2: Ciclo de desarrollo de la cochinilla

ESTADOS	DURACIÓN PROMEDIO DE DÍAS	
	HEMRAS	MACHOS
Huevo	15 – 20 Min.	15 – 20 Min.
Ninfa I	21 – 25	21 – 25
Ninfa II	13 – 18	-----
Ninfa II a formación de cocon	-----	8 – 12
Prepupa y pupa	-----	18 – 22
FASE ADULTA		
CARACTERÍSTICAS	HEMRAS	MACHOS
Pre-oviposición	30 – 68	-----
Oviposición	28 – 50	-----
Post-oviposición	10 – 20*	-----
Longevidad hembras no apareadas	103	-----
Longevidad de machos adultos	-----	3
Ciclo total	102 – 181	51 – 63

Fuente: Marín & Cisneros, 1993.

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

2.2.1.5. Ecología

La cochinilla es un insecto homóptero que vive en zonas de clima templado entre los factores que se debe considerar para su producción, es la lluvia que constituye en un factor negativo, por tanto, no se recomienda su cría de en zonas donde haya altas frecuencias de precipitación. La humedad relativa favorable en la que se desarrolla la cochinilla fluctúa alrededor del 85 %.

Tabla 3-2: Condiciones ecológicas favorables para la cochinilla

Clima	Característica
Clima	Cálido templado
Temperatura	15 a 27 °C
Humedad	40 a 85%
Precipitación	100 a 800 mm
Altitud	100 a 3100 metros sobre nivel del mar

Fuente: Quisbert, 2006.

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

2.2.1.6. Composición química

La composición química de la cochinilla contiene elementos como proteínas, grasas, carbohidratos entre otros.

Tabla 4-2: Composición química de la cochinilla

Composición	Porcentaje
Ácido carmínico	10 – 22
Proteína	40 – 45
Grasa	10 – 12
Carbohidratos	10 – 12
Ceras	2 – 3
Cenizas	3 – 5
Humedad	10 – 12

Fuente: Centeno, 2003.

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

2.2.1.7. Aplicaciones y usos de la cochinilla

a) Aplicaciones industriales

La cochinilla constituye la materia prima para la obtención de colorantes naturales, como el extracto de cochinilla, Carmín y ácido carmínico, estos derivados son altamente cotizados en los mercados mundiales (Quisbert, 2006, pp. 35-37). Como materia prima, este insecto homóptero constituye parte de los siguientes productos:

- Carmín y licor de carmín.
- Colorantes de líquidos.
- Indicadores de análisis químico.
- Mordientes para teñido de lanas.
- Tinciones para teñir trematodos y nemátodos en masa.

b) Usos de la cochinilla

El derivado de la cochinilla de mayor difusión es el ácido carmínico y es muy utilizado en diversas industrias como menciona Quisbert, (2006) en la cosmetología, perfumería y farmacéutica como esmaltes de uñas, lápices labiales, cremas faciales, entre otros.

En productos alimenticios como el uso de los derivados de la cochinilla en el teñido de productos cárnicos y sazadores, en caldos y sopas deshidratadas, para colorear conservas y semiconservas de tomates y vegetales en general, en jaleas, jarabes y mermeladas, en caramelos, pastillas y gomas de mascar, en confitería, pastelería, repostería y productos lácteos, en bebidas refrescantes (tanto líquidas o en polvo) y en bebidas alcohólicas (campari, licores). En la industria química aprovechado como reactivo en diversos compuestos como ser la albúmina, el ácido bórico, sales de Urano, entre otros.

2.2.2. Factores bióticos

- **Especie y variedad de tuna**

La tuna común, por la presencia de mayor resistencia a la deshidratación y menor proliferación de espinas, favorece el cultivo de la cochinilla (Portillo, 1992, pp. 68). Infestaciones de cochinilla se han identificado, particularmente en el Perú, en la “tuna común” (*Opuntia ficus-indica*) y en sus diversas variedades tanto comerciales como no comerciales. Además, se han realizado esfuerzos por utilizar,

infestar y colonizar al “airampo” con la cochinilla, los mismos que han sido vanos y no han logrado ni el desarrollo ni la fijación del insecto en la mencionada especie (Marín & Cisneros, 1993, pp. 115-120).

- **Edad y estado de la planta de tuna**

La cochinilla se desarrolla mejor sobre tunas espinosas y de edad joven, viviendo como huésped de las mismas y alimentándose de la savia de sus pencas (Quispe, 1990, p. 38). Como afirma Quisbert, (2006) que la cochinilla prefiere asentarse en pencas de aproximadamente un año de edad.

La capacidad potencial de producción de cochinilla de un tunal está determinada por el número de pencas nuevas o jóvenes, no el total de ellas que incluya a pencas de dos, tres o más años. Se ha comprobado que la ninfa del insecto, tiene preferencia por la edad de la penca, en pencas de un año el grado de infestación es de 89.20 %, en pencas de dos años es de 10.46 % y en pencas de tres años es de 0.33 % (Marín & Cisneros, 1993, pp. 115-120).

- **Enemigos naturales**

En investigaciones realizadas en la costa central del Perú se ha identificado como depredador de la cochinilla a *Allograpta sp (Syrphidae)* (Marín & Cisneros, 1993, pp. 115-120). En otros estudios también se identifica a este mismo organismo en otras zonas de producción.

2.2.3. Factores abióticos

- **Precipitación**

Las lluvias por su efecto puede provocar hasta 98 % de mortalidad de los insectos, dependiendo de la intensidad de las mismas Quisbert, 2006, pp. 36), las lluvias torrenciales desprenden cochinillas en cualquier estado de desarrollo, las precipitaciones fuertes lavan las plantas, arrastran a las ninfas migrantes y las cochinillas en procesos de muda antes de que estas se fijen a las pencas, las lluvias moderadas despojan a los individuos de su cobertura de cera y las exponen al ataque de sus enemigos biológicos naturales (Marín & Cisneros, 1993, p. 115).

- **Temperatura**

La temperatura ambiental influye en la velocidad de desarrollo del insecto, esta relación se hace evidente durante todas y en cada una de las etapas de su ciclo biológico (Quispe, 1990, p. 23).

- **Humedad**

Según Quispe, (1990) afirma que la humedad relativa afecta la duración del ciclo biológico de la cochinilla, prolongándose cuando este factor es elevado, este efecto se demuestra en la prolongación del tiempo en las fases: * Ninfa II – cocón. * protopupa – pupa.

- **Viento**

El viento influye de dos maneras sobre la cochinilla, tiene tanto un efecto positivo ya que este facilita la dispersión de las ninfas migrantes hacia lugares donde no podrían llegar por sus propios medios, y, un efecto negativo al desprender los insectos antes de que estos se fijen en la tuna (Marín & Cisneros, 1993, p. 42).

- **Altitud**

En el país vecino del Perú, próximo a Ecuador y con condiciones ambientales parecidas existen plantaciones comerciales favorables de tuna infestadas con cochinilla en regiones ubicadas en altitudes elevadas (Arequipa), por lo que se puede afirmar que la altitud no es un factor limitante para el cultivo de la tuna y la crianza de cochinilla (HDV – CONSULTORES – PDA, 1992).

- **Luminosidad e insolación**

La cochinilla prefiere superficies poco soleadas, este comportamiento es apreciable sobre todo en su estadio de ninfa migrante. Una vez que el insecto se ha fijado definitivamente, su desarrollo puede llevarse a cabo aún en condiciones de insolación directa (Marín & Cisneros, 1993, p.117). Por otro lado, por efecto de la luminosidad e insolación fuerte, puede existir una mortalidad promedio de hasta el 20 % (Quisbert, 2006, p. 36).

- **Adición de fertilizantes, fungicidas y antibióticos**

Se ha observado que la fertilización química de la tuna a base de nitrógeno, potasio y fósforo aumenta la calidad y peso seco de la cochinilla (Palomino, et al. 2006, p. 24).

2.2.4. Infestación

Para que no haya la influencia de lluvia ni de viento la infestación se debe realizar en un invernadero o en un lugar cubierto en donde se infestará después de cada cosecha todo el año, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para obtener una mayor infestación:

- Los cladodios deben tener un año en adelante para ser infestadas
- Solo se debe utilizar para su propagación y siembra hembras grandes y ovíparas
- Los horarios en los cuales se va a realizar su siembra deben ser 08h00 y 10h00 de la mañana.
- Excluir el tercio medio de las espigas de los cladodios para mayor infestación (Condeña, 1997, p. 63).

2.2.5. Métodos de Infestación

- **Método de Pencas Infestadas**

El método de pencas infestadas consiste en infestar cladodios con hembras en estado de ovoposición, luego se coloca de forma horizontal para que la grana cochinilla migrantes se fijen en el área del cladodio (Pérez & Bacorra, 2001, p. 4).

- **Método del Recipiente**

El método del recipiente consiste en colocar hembras de grana cochinilla en estado de ovoposición en cajas petri que son tapadas con una gasa, luego de 20 días habrá la presencia de grana cochinilla en estado de ninfas en la gasa, la gasa será colocada en el tercio medio de los cladodios donde las ninfas I migraran en toda la superficie del cladodio (Dahlgren, 1990,).

- **Método de las bolsitas de "tul"**

Este método utiliza bolsitas de tul de 8 por 4 cm para la infestación y en cada una de ellas se colocan de 20 a 30 cochinillas, estas bolsitas deben ser colocadas en los cladodios utilizando sus mismas espinas para ser sujetadas (Condeña, 1997, p. 62).

2.2.6. Grados de Infestación

Según Quisbert, (2006) indica que, se conoce como grado de infestación al porcentaje de la superficie densamente cultivada o poblada por la cochinilla, asimismo se tiene una escala de valores respecto de la infestación de una penca de tuna la cual se presenta en el **Tabla 5-2**.

Tabla 5-2: Grados de infestación en la tuna

Grado de infestación	Porcentaje
Grado 1	Inferior al 15% (Libre de infestación)
Grado 2	De 16 a 25% de infestación
Grado 3	De 26 a 50% de infestación
Grado 4	De 51 a 75% de infestación
Grado 5	De 76 a 100% de infestación

Fuente: Quisbert, (2006).

Por su parte Ruíz, (2012) indica que los grados de infestación se clasifica en:

Tabla 6-2: Grados de Infestación

1) Grado 1 (muy bajo)	Cuando la infestación de una cara del cladodio es inferior al 15 %.
2) Grado 2 (bajo)	Este grado se determina cuando la infestación de una cara del cladodio es del 15 al 25 %.
3) Grado 3 (medio)	Si la infestación de una cara del cladodio esta entre el 25 y 50 %.
4) Grado 4 (alto)	Se considera que la infestación es alta cuando oscila entre 50 y 75 %.
5) Grado 5 (muy alto)	Cuando la infestación de una cara del cladodio supera el 75%

Fuente: Ruiz, 2012.

2.2.7. Proceso de industrialización

- **Secado**

El secado de la materia prima recolectada, influye en la calidad del producto final (cochinilla seca y ácido carmínico), debido a que existe la posibilidad de pudrición de la misma. Existen varias maneras y técnicas para efectuar este proceso, pero el método más recomendable es la exposición al sol por tres horas y, posteriormente, bajo sombra entre 25 a 30 días en un ambiente cubierto y que tenga buena ventilación (TUKUYPAJ, 1993). El tiempo en que se coseche la grana cochinilla y las técnicas de sacrificio y secado son factores importantes en la calidad del colorante obtenido (TUKUYPAJ, 1993).

- **Cosecha y rendimiento**

La cosecha se realiza con ayuda de un pincel deslizándolo entre la superficie del cladodio procurando no lastimarlas para evitar que se lastimen y así no perder la calidad. Se debe procurar realizar la cosecha algunos días antes de la puesta de huevos o a inicio. El grado de infestación del cladodio, edad y porcentaje de la humedad retenida después del secado de la cochinilla son factores que influyentes en el rendimiento. Se estima que aproximadamente 80 000 cochinillas hacen un kilogramo de grana seca. Los productores en el Perú obtienen una producción de 100 a 250 kg de la cosecha de 3000 plantas (Ruíz, 2012, p. 56).

La cosecha de la grana cochinilla se realiza durante todo el año y dependiendo del manejo de la plantación e infestación, se puede realizar anualmente 2 o 3 cosechas (Vidal, 1984, p. 23).

En Loja- Ecuador, con una densidad de 800 plantas en 1 ha se obtiene una producción de 50 a. 60 Kg/ ha (Morocho & Román, 1998, p. 13).

2.2.8. Características del producto

Para poder ser comercializada la grana cochinilla tiene que tener las siguientes características:

El ácido carmínico es un colorante natural que pertenece a la familia de los antraquinónicos. Su fórmula química es $C_{22}H_{20}O_{13}$ y tiene un peso molecular de 492,38. La solución de ácido carmínico en medio acuoso tiene color rojo, y en soluciones acidas: adquiere un color naranjado. Es soluble en agua, álcalis, ácidos sulfúrico y clorhídrico; es ligeramente soluble en n-butanol y soluble en éter de petróleo, benceno cloroformo y n-hexanol (Alvarado & Álvarez, 1992, p. 24).

2.2.9. Comercialización

En el país la única empresa que comercializa el producto y que ofrece una producción anual de 1500 kg es la Organización “Porvenir Valle del Chota”, esta producción es vendida a los Estados Unidos a USD 25.00 el kilogramo. Sin obviar que en el país algunas empresas, demandan grana cochinilla para transformarla y emplearla en la fabricación de sus productos, siendo el caso de una empresa cuencana dedicada a la manufactura de embutidos, la cual usa el carmín de cochinilla como pigmento para darle un mejor aspecto y calidad a sus productos. Esta producción es adquirida por tres empresas como son: Conservas del Guayas, Fausto Pacífico y Aditmag Cia.Ltda (Morocho & Román, 1998, p. 13).

Actualmente Perú es el primer productor de grana cochinilla. Estados Unidos, países de europeos como: Inglaterra, Francia, Alemania, Italia, Holanda, España, Noruega, Suecia, Dinamarca, asiáticos como: Japón y americanos como: Chile y Argentina son los mercados internacionales que más demandan este producto (Morocho & Román, 1998, p. 15).

2.2.10. La tuna

La tuna o nopal, es una planta xerófila de metabolismo ácido crasuláceo que se habitúa a condiciones de hábitat extremos. Esta planta, se encuentra incluida dentro del género de la familia de las Cactáceas, que se distribuyen por toda la América tropical y la región mediterránea. Existen varias especies americanas que se desarrollan favorablemente en lugares cálidos, semicálidos y desérticos (Romero, 1990, p. 76).

2.2.10.1. Clasificación taxonómica

La clasificación científica, la tuna o nopal pertenece al género *Opuntia*, dentro de la familia de las Cactáceas. Romero, (1990) clasifica a la tuna de la siguiente manera:

Clase: *Angiosperma*

Subclase: *Dicotiledónea*

Orden: Cactales

Familia: Cactácea

Género: *Opuntia*

Especie: *Opuntia ficus indica* Mill

2.2.11. *El Cladodio (penca)*

Se conoce como penca a los tallos aplastados, carnosos, cubiertos de pequeños agrupamientos de pelos rígidos y por lo general, también de espinas. La penca, conocida también como paleta o cladodio, tiene la forma oval y mide entre treinta a cuarenta centímetros de longitud por veinte de ancho (Romero, 1990, p. 75).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

Es una investigación propuesta que se enmarca en la línea de investigación de Producción Agrícola Sustentable, sub línea Agricultura Sustentable, ya que la grana cochinilla es de gran interés económico para pequeños y grandes productores de diversos lugares pues podría ser una alternativa para mejorar los ingresos económicos de las familias.

3.2. Nivel de Investigación

En este trabajo de investigación se tienen los siguientes niveles de investigación:

Investigación Descriptiva: En base a los resultados de la investigación documental, bibliográfica y de campo, se podrá determinar el mejor método de infestación de grana cochinilla y el número óptimo de hembra madre de grana cochinilla.

Investigación Predictiva: Se analizarán y predecirán cada una de las variables estudiadas, los hechos adversos que estas pueden conllevar en un futuro si continúan de la misma forma, y las posibles soluciones que se podrían aplicar para la mejora de las mismas.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Tratamientos en estudio

Tabla 7-3: Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B1	Pencas infestadas + 15 hembras por cladodio
T2	A1B2	Pencas infestadas + 20 hembras por cladodio
T3	A1B3	Pencas infestadas + 25 hembras por cladodio
T4	A2B1	Recipiente + 15 hembras por cladodio
T5	A2B2	Recipiente + 20 hembras por cladodio

T6	A2B3	Recipiente + 25 hembras por cladodio
T7	A3B1	Bolsitas de Tul + 15 hembras por cladodio
T8	A3B2	Bolsitas de Tul + 20 hembras por cladodio
T9	A3B3	Bolsitas de Tul + 25 hembras por cladodio

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

3.3.1.1. Factores en estudio

Tabla 8-3: Factores y niveles de medición en estudio

Factor A: Método de infestación	Factor B: Número de hembras por cladodio
A1: Pencas infestadas	B1: 15
A2: Recipiente	B2: 20
A3: Bolsitas de Tul	B3: 25

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

3.3.1.2. Variables en estudio

- Abundancia de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa)
- Métodos de infestación
- Numero de hembras madre por cladodio de tuna (*Opuntia ficus indica. L*)

3.3.1.3. Especificaciones del campo experimental

- **Descripción de la parcela experimental**

N° de tratamientos: 9

N° de repeticiones: 10

N° de unidades experimentales: 90

- **Parcela**

Representación de la parcela: rectangular

Medidas de la parcela: 7 m de ancho y 15 m de largo.

- **Estantería**

Altura desde la base del suelo: 1,95 m
 Ancho de la estantería: 1, 20 m
 Distancia entre repeticiones: 0,20 m
 N° de pencas a evaluar: 10 por tratamiento
 N° total de pencas a evaluar: 90

3.3.1.4. Tipo de diseño experimental

El tipo de diseño experimental utilizado en la investigación fue diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial con 10 cladodios de tuna por repetición en cada tratamiento por consiguiente se establecieron 90 unidades experimentales.

3.4. Análisis estadístico

En la **Tabla 9-3** se muestra el análisis de varianza (ADEVA) mediante su esquema, que se utilizó en la investigación con arreglo bifactorial con repetición donde los efectos principales tienen a y b niveles respectivamente, por tanto, tienen $a-1$ y $b-1$ grados de libertad; los grados de libertad de la interacción son el número de grados de libertad de las celdas (que es $ab-1$) menos los grados de libertad de los efectos principales, es decir, $ab-1-(a-1)-(b-1) = (a-1)(b-1)$. Dentro de las ab celdas hay $n-1$ grados de libertad entre las n réplicas, por tanto, hay $ab(n-1)$ grados de libertad para el error (Montgomery, 2004 p. 179).

Tabla 9-3: Análisis de varianza para el diseño bifactorial de los métodos de infestación y N° de hembras por cladodio.

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad (G.L)
Método de infestación (Factor A)	$a-1$	2
Número de hembras por cladodio (Factor B)	$b-1$	2
Interacción (AB)	$(a-1)(b-1)$	4
Error	$ab(n-1)$	72
Total	$abn-1$	89

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

3.5. Análisis funcional

Si el análisis de varianza indica que alguno de los factores principales o interacción es significativo, la comparación de pares de medias se realizará aplicando la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% y el coeficiente de variación (CV) para evaluar el grado de variabilidad de las mediciones.

3.6. Análisis económico

En la evaluación de la eficacia de los métodos de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica* L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi, para el análisis económico de los tratamientos se siguió la metodología propuesta por Perrin et al (1988), para lo cual se determinaron los costos variables del ensayo por tratamiento. La variación de los costos está dada básicamente por el método empleado y el número de hembras madre por cladodio.

EL dato del precio del kilo de cochinilla seca (15 USD) fue tomado de AGRODATAPER, (2022) y el precio de la cochinilla madre por kilogramo oscila entre S/18.00 a S/30.00, con un promedio de S/24.00 soles (6,03 USD) fue tomada de Mamani & Rampas, (2017) esta es utilizada para la infestación de la cochinilla en las pencas de la tuna y su pronta propagación para la producción de cochinilla, ya que en el país la grana cochinilla no se produce con fines comerciales, de igual manera se realizó la depreciación del invernadero para 3 años.

3.7. Según la manipulación o no de la variable independiente

Es una investigación de tipo experimental que implica la observación, manipulación y registro de las variables que afectan un objeto de estudio.

3.8. Según las intervenciones en el trabajo de campo

La investigación tendrá una intervención de tipo longitudinal.

3.9. Tipo de estudio

La investigación es de tipo campo.

3.10. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

La unidad experimental consistió en un cladodio, de plantas de 2 años que presentaron un óptimo estado de turgencia, libres de enfermedades fúngicas, bacterianas o virales, con un tamaño aproximado de 45 x 22 cm respectivamente.

3.11. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.11.1. Características del área experimental

3.11.1.1. Localización del estudio

El presente proyecto de investigación se realizó a campo cerrado (invernadero) en la Estación Experimental Tunshi área agropecuaria que es parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la comunidad Tunshi Grande, parroquia Licto perteneciente al cantón Riobamba.

3.11.1.2. Ubicación geográfica del lugar

Localidad: Tunshi Grande

Latitud: 01° 44'54" S

Longitud: 78°37'72" W

Altura: 2710 msnm

3.11.1.3. Clasificación de la zona ecológica

Clasificación de la zona ecológica: (ee - MB) estepa Espinoza Montano Bajo. (Sierra, 2012)

3.11.1.4. Condiciones climatológicas

Temperatura media anual: 13,4 °C

Temperatura mínima extrema: 4,6 °C

Temperatura máxima extrema: 23,7 °C

Humedad relativa anual: 83,0 %

Humedad mínima extrema: 47,3 %

Humedad máxima extrema: 97,3 %

Velocidad media del viento anual: 1,6 m/s

Velocidad mínima extrema del viento: 0,7 m/s

Velocidad mínima extrema del viento: 2,8 m/s

Precipitación media anual: 738,6 mm H₂O

Precipitación mínima extrema: 600,6 mm H₂O

Precipitación máxima extrema: 870,3 mm H₂O

Presión atmosférica media anual: 9,0 °C (Anuario Climatológico, 2021).

3.12. Materiales y equipos

3.12.1. Material biológico

- Cladodios o Pencas de Tuna
- Grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*)

3.12.2. Material de laboratorio

- Balanza de precisión
- Cajas Petri

3.12.3. Materiales de campo

- Alambre
- Alicates
- Bactericida
- 30 bolsas de Tul
- Candado
- Cinta métrica
- Estantería
- Gafas
- Ganchos para colgar las pencas
- Guantes
- Pinceles

- Termómetro
- Tijeras de Podar

3.12.4. Material de toma de datos

- Esferográficos
- Estilete
- Lápiz
- Libreta de registro de campo

3.12.5. Equipos de campo

- Celular con cámara fotográfica

3.12.6. Equipos de oficina

- Calculadora
- Computadora
- Hojas de papel Bond
- Impresora
- Internet
- Marcadores
- Regla
- Rótulos de identificación

3.13. Métodos de evaluación

3.13.1. Infestación

Se utilizaron 90 pencas de tuna para la aplicación de los 3 métodos de infestación de acuerdo al diseño experimental.

3.13.2. Grado de Infestación

En base a la literatura citada se diseñó la tabla para evaluar el grado de infestación que es Numero de cochinillas presentes en la superficie o área de cada cladodio de acuerdo a los parámetros de la **Tabla 10-3**, donde se tomó como referencia la media del número de insectos presentes en las dos caras del cladodio.

Tabla 10-3: Grados de infestación

Grado de infestación	N° de insectos	Interpretación
1	<35	No infestado
2	36 – 55	Ligeramente infestado
3	56 – 75	Infestado
4	76– 95	Muy infestado
5	> 96	Extremadamente infestado

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

3.14. Número de cochinillas por cladodio

Se utilizaron 9 tratamientos con 10 repeticiones y se procedió a contabilizar en los días 20, 40, 60 y 80 después de la infestación el número total de insectos por cladodio.

3.15. Porcentaje de mortalidad

Contabilización de la relación entre el número total de insectos muertos y número total de insectos presentes en el cladodio multiplicado por 100, a los 20, 40, 60 y 80 días después de la infestación.

3.16. Manejo del ensayo

3.16.1. Material del invernadero

El invernadero es de acero inoxidable con un revestimiento de plástico y relleno en las bases de cemento para darle una mejor firmeza y estabilidad, de igual manera tiene ventanas en ambos lados para darle una mejor ventilación.

- **Dimensiones**

Las dimensiones del invernadero construido en un área de 105 m² de largo 7 m y ancho 15 m.

- **Ubicación de la estantería dentro del invernadero**

Se ubicaron 3 estanterías a lo largo del invernadero construidos con tubos de acero galvanizado donde se estableció con alambre 3 niveles de altura desde la base del suelo, con las siguientes dimensiones:

Separación entre filas 0,30 metros

Separación entre los alambres horizontales desde la base del suelo 0,75 m.

- **Establecimiento del ensayo**

Se seleccionaron 90 cladodios del cultivo establecido de tuna (*Opuntia ficus indica. L*) que se encuentra en la Estación Experimental Tunshi tomando en cuenta su tamaño y turgencia. Luego, se procedió a limpiar y desinfectar con sulfato de cobre en una dosis de 1 cc en 10 litros de agua, se colgaron en los ganchos y según el tratamiento sorteado se procedió a la realizar la infestación en cada uno de los cladodios.

- **Selección de hembras de grana cochinilla oviplenas**

Se procedió a seleccionar las hembras tomando en cuenta que se encuentren oviplenas para que depositen sus huevos en los cladodios.

3.16.2. Recolección de las pencas

- **Muestreo**

Las pencas se las eligió utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia donde los cladodios se seleccionaron según criterios de tamaño y edad predeterminadas.

- **Corte del cladodio**

El cladodio seleccionado se realizó considerando los más sanos, succulentos y robustos, de edad entre 1 y 2 años, para evitar posibles enfermedades en el cladodio el corte realizado fue de tipo biselado en la base.

- **Desinfección**

Para la desinfección de los cladodios se aplicó sulfato de cobre al 10% (i.a.).

3.16.3. Labores en dentro del invernadero

- **Infestación de los cladodios**

Se eligió las 90 pencas que cumplieran con el tamaño, forma y edad definidas para ser cortadas y colgadas en la estantería para la posterior desinfección y después de 3 días de ser colgadas proceder con la infestación. (**Anexo A**).

- **Método de pencas infestadas**

Se utilizaron 30 pencas y se las coloco de manera horizontal para la infestación con 15, 20 y 25 cochinillas para cada uno de los 3 tratamientos durante los primeros 20 días para luego ser colgadas y así evitar que las cochinillas madre caigan al suelo (**Anexo B**).

- **Método del recipiente**

Se utilizaron 30 cajas Petri de 90 mm x 16,5 mm de diámetro y en cada una se colocaron 15, 20 y 25 cochinillas para cada uno de los 3 últimos tratamientos, se las cubrió con gasa para que en las mismas sean depositadas los huevos de cochinilla durante los primeros 20 días para después ubicar la gasa en el tercio medio del cladodio (**Anexo B**).

- **Método de la bolsita de Tul**

En este método de infestación se utilizó 30 bolsitas de Tul con medidas de 8 cm de ancho x 10 cm de largo, donde se colocaron 15, 20 o 25 hembras de grana cochinilla que fueron colocadas en el tercio medio del cladodio. (**Anexo B**).

- **Colgado de pencas**

Las pencas de tuna fueron colgadas en los alambres de las 3 estanterías ya diseñados e instalados en el invernadero según los 9 tratamientos siguiendo el sorteo completamente aleatorizado previamente realizado de las 10 pencas por tratamiento con una distancia de 20 centímetros entre pencas con un total de 90 cladodios o pencas (**Anexo A**).

La fijación de las pencas en los alambres se realizó utilizando ganchos de alambre de hierro que fueron introducidos en la parte superior del cladodio para seguidamente ser colgados (**Anexo A**).

Las pencas se encontraron ubicados a 0,75 metros desde la base del suelo teniendo en cuenta que la estantería de 1,75 metros constaba de 3 alambres templados horizontalmente a diferentes alturas como se muestra en la **Ilustración 1-3**.

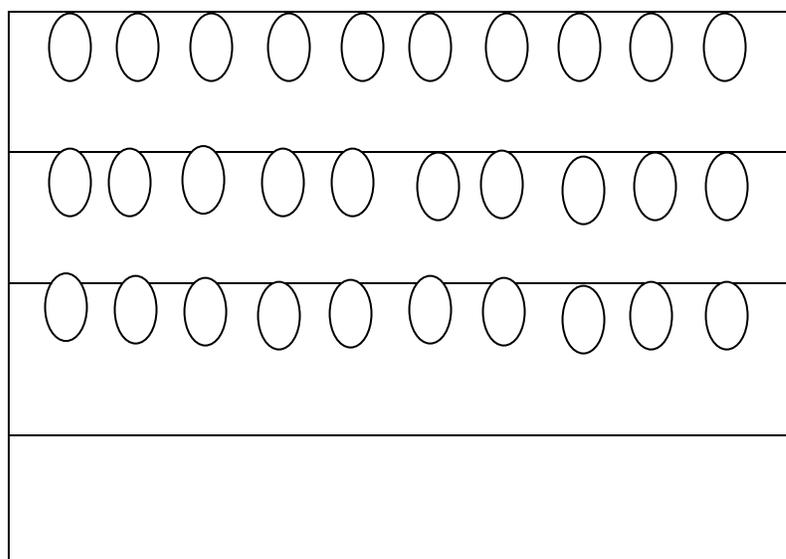


Ilustración 1-3: Vista frontal de las estanterías de los tratamientos con 10 repeticiones

3.16.4. Control de malezas

Limpieza del lugar libre de maleza para evitar proliferación de predadores de la cochinilla realizados al inicio y durante el ensayo la veces que fueron necesarias mediante control manual y químico utilizando glifosato.

3.16.5. Cosecha de grana cochinilla

La cosecha se realizó con la ayuda de un pincel plano para no dañar la morfología de la cochinilla cuando está ya cumplió con su ciclo biológico a los 90 días después de la infestación. (**Anexo F**)

3.16.6. Sacrificio y secado de la cochinilla

Se procedió al sacrificio de la grana cochinilla mediante el método de asfixia indicado por, Hernández, (1998) que consistió en introducir las muestras en bolsas plásticas herméticas de color negro y exponerlas al sol por un lapso de 2 a 3 horas con el objetivo de subir la temperatura en la funda y que así los insectos mueran asfixiados. Para el secado ya muertos los insectos se expusieron al sol durante 5 días en cajas Petri. **(Anexo G).**

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. *Grado de infestación*

- **Primera evaluación**

De acuerdo a la tabla de grados de infestación se determinó que el método de Pencas infestadas con una media de 88 insectos tuvo un grado 4 de infestación es decir que el cladodio estuvo muy infestado, mientras el método del Recipiente una media de 71 de insectos tuvo un grado 3 de infestación que se interpreta como cladodio infestado y el método de la bolsita de Tul una media 63 insectos tuvo un grado 3 de infestación se interpreta como cladodio infestado.

- **Segunda evaluación**

De acuerdo a la tabla de grados de infestación se determinó que el método de Pencas infestadas con una media de 97 insectos tuvo un grado 5 de infestación, lo que quiere decir que el cladodio estuvo muy infestado, mientras que el método del Recipiente una media de 87 insectos tuvo un grado 4 de infestación que se interpreta como cladodio muy infestado y el método de la bolsita de Tul una media de 58 insectos tuvo un grado 3 de infestación que se interpreta como cladodio infestado.

- **Tercera evaluación**

De acuerdo a la tabla de grados de infestación se determinó que el método de Pencas infestadas con una media de 97 insectos tuvo un grado 5 de infestación, lo que quiere decir que el cladodio estuvo muy infestado, mientras que el método del Recipiente una media de 82 insectos tuvo un grado 4 de infestación que se interpreta como cladodio muy infestado y el método de la bolsita de Tul una media de 55 insectos tuvo un grado 2 de infestación que se interpreta como cladodio ligeramente infestado.

- **Cuarta evaluación**

De acuerdo a la tabla de grados de infestación se determinó que el método de Pencas infestadas con una media de 102 insectos tuvo un grado 5 de infestación, lo que quiere decir que el cladodio estuvo muy infestado, mientras que el método del Recipiente una media de 84 insectos tuvo un grado 4 de infestación que se interpreta como cladodio muy infestado y el método de la bolsita de Tul una media de 55 insectos tuvo un grado 2 de infestación que se interpreta como cladodio ligeramente infestado.

4.1.2. Abundancia de cochinilla por cladodio

- **A los 20 días**

La **Tabla 15-4** muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 20 días, se observa que el factor A ($p = 0,003$) y factor B ($p = 0,0001$) presentan diferencias altamente significativas, la Interacción no es estadísticamente significativa. El coeficiente de variación fue de 42,06%.

Tabla 11-4: Análisis de varianza del N° de cochinillas a los 20 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	37296,09	2	18648,04	6,15	3,11	1,49	0,003**
Número de hembras por cladodio	61632,69	2	30816,34	10,16	3,11	1,49	0,0001**
Interacción	6789,78	4	1697,44	0,56	2,48	1,50	0,6927 ^{NS}
Error	245779,4	81	3034,31				
Total	351497,96	89					
p ^{NS} > 0,05; 0,1 < p* ≤ 0,05; 0,05 < p** ≤ 0,01							

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La prueba de Tukey al nivel de significancia de la 5% **Ilustración 8-4**, se encontró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de pencas infestadas con media 159 es estadísticamente diferente al método del recipiente y de bolsitas de Tul con media 113 y 121 respectivamente, las mismas son estadísticamente iguales. Para el factor B (N° de hembras por cladodio) **Ilustración 9-4**, el número de hembras por cladodio de 15 con media 95 es estadísticamente diferente del número de hembras de 20 y 25, mismos que son estadísticamente iguales.

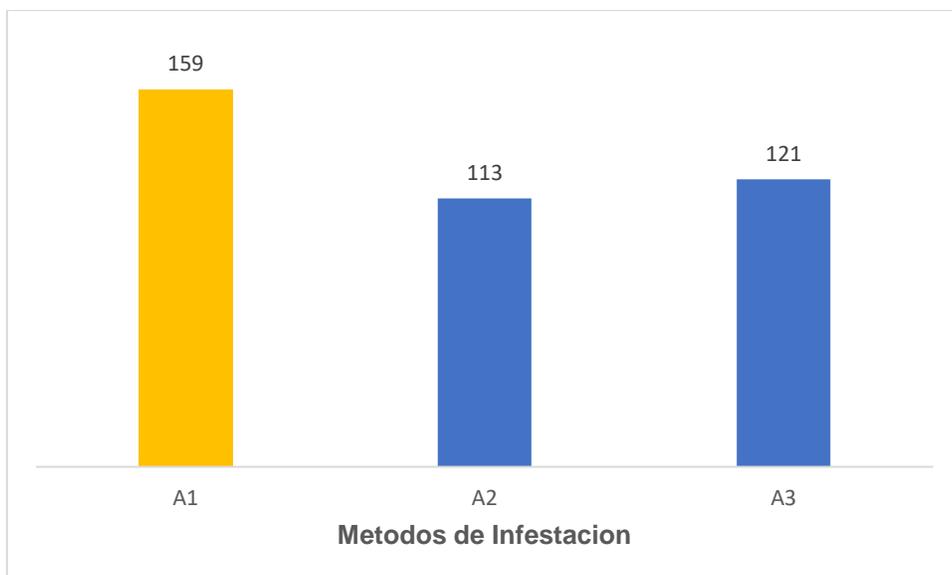


Ilustración 2-4: Abundancia por cladodio a los 20 días para el factor A (Métodos de Infestación)

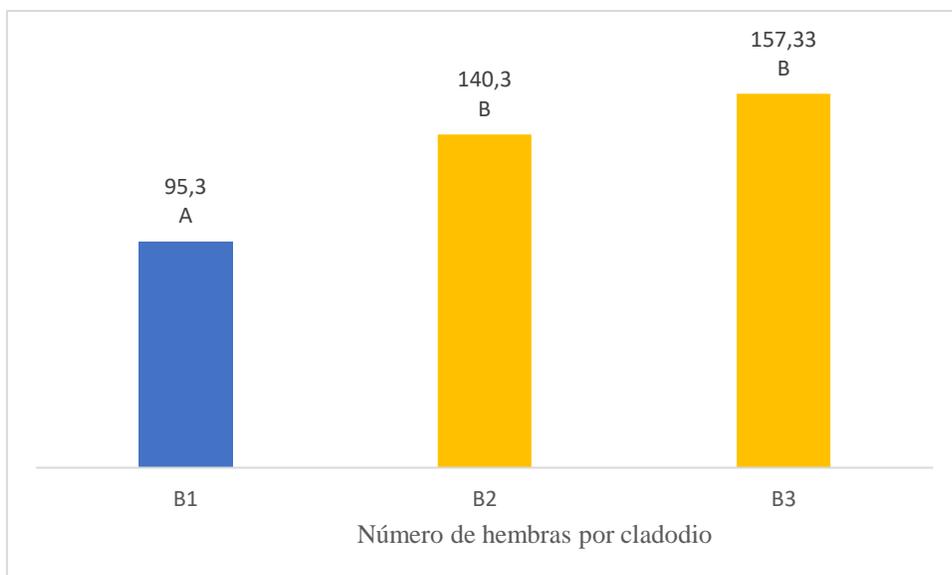


Ilustración 3-4: Abundancia por cladodio a los 20 días para el factor B (N° de hembras por cladodio).

- **A los 40 días**

La **Tabla 16-4** muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 40 días, se observa que el factor A (Métodos de infestación) ($p = 0,0005$) presenta diferencias altamente significativas, el factor B (N° de hembras por cladodio) y la Interacción no son estadísticamente significativas. El coeficiente de variación fue de 43,83%.

Tabla 12-4: Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 40 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	34592,82	2	17296,41	3,95	3,11	1,49	0,02**
Número de hembras por cladodio	73235,09	2	36617,54	8,36	3,11	1,49	0,0005**
Interacción	35546,58	4	8886,64	2,03	2,48	1,50	0,0981 ^{NS}
Error	354840,5	81	4380,75				
Total	498214,99	89					

$p^{NS} > 0,05$; $0,1 < p^* \leq 0,05$; $0,05 < p^{**} \leq 0,01$

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 10-4**, encontró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de pencas infestadas con media 179 es estadísticamente diferente al método de las bolsitas de Tul con media 134 y el método del recipiente con media 140 es estadísticamente igual a los dos métodos antes mencionados. Para el factor B (N° de hembras por cladodio) **Ilustración 11-4**, el número de hembras por cladodio de 15 con media 116 es estadísticamente diferente del número de hembras por cladodio de 20 con media 156 y número de hembras por cladodio de 25 con media 184, mismos que son estadísticamente iguales.

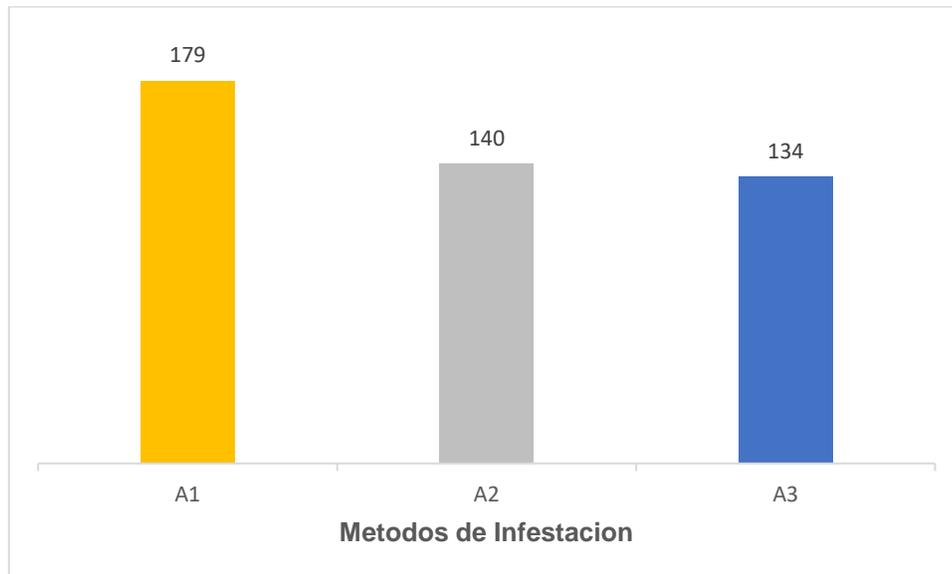


Ilustración 4-4: Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor A (Métodos de infestación).

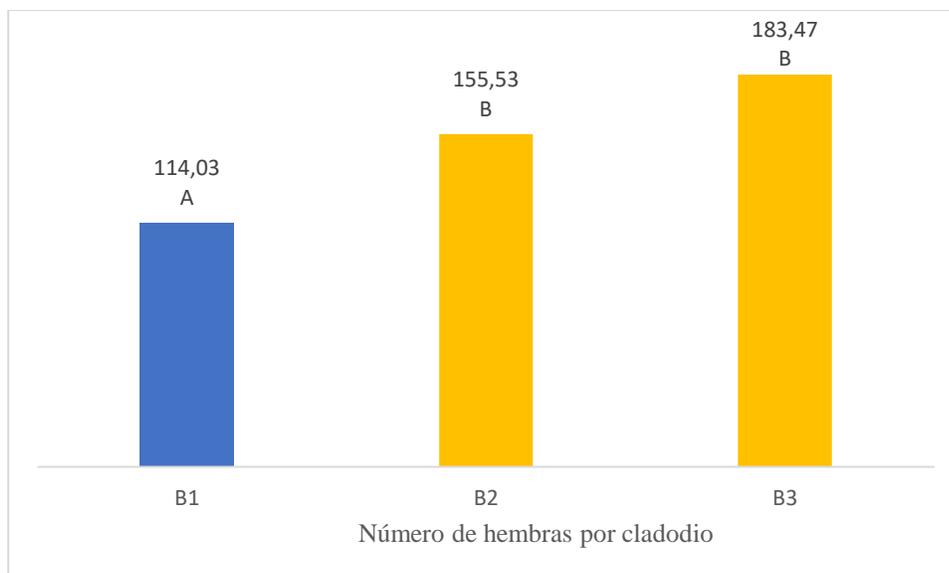


Ilustración 5-4: Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor B
(N° de hembras por cladodio)

- **A los 60 días**

La **Tabla 17-4** muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 60 días, se observa que el factor A (Métodos de infestación) ($p = 0,04$) es significativo y el factor B (N° de hembras por cladodio) ($p = 0,0006$) es altamente significativo, la Interacción no es estadísticamente significativa. El coeficiente de variación fue de 44,32%.

Esto quiere decir que, tanto el factor A y el factor B son influyentes pero la interacción (AxB) no lo es, esto debido a que de acuerdo al método empleado y el número de hembras madre de grana cochinilla la abundancia de grana cochinilla en esta investigación tuvo variaciones ya sea por factores como la intensidad de luz y temperatura dentro del invernadero.

Tabla 13-4: Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 60 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	32804,29	2	16402,14	3,49	3,11	1,49	0,04*
Número de hembras por cladodio	77471,62	2	38735,81	8,25	3,11	1,49	0,0006**
Interacción	45460,91	4	11365,23	2,42	2,48	1,50	0,0551 ^{NS}
Error	380507,5	81	4697,62				

Total	536244,32	89					
p ^{NS} > 0,05; 0,1 < p* ≤ 0,05; 0,05 < p** ≤ 0,01							

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 12-4**, encontró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de penca s infestadas con media 180 es estadísticamente diferente al método de las bolsitas de Tul y el método del recipiente es estadísticamente igual a los antes mencionados. Para el factor B (N° de hembras por cladodio) **Ilustración 13-4**, el número de hembras por cladodio de 15 con media 116 es estadísticamente diferente del número de hembras de 20 y 25, mismos que son estadísticamente iguales.

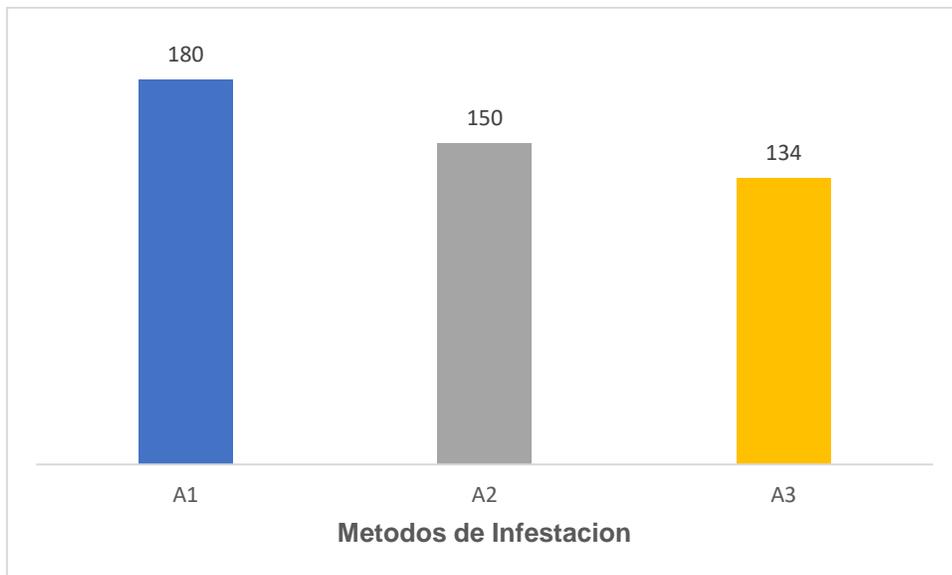


Ilustración 6-4: Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor A (Métodos de Infestación)

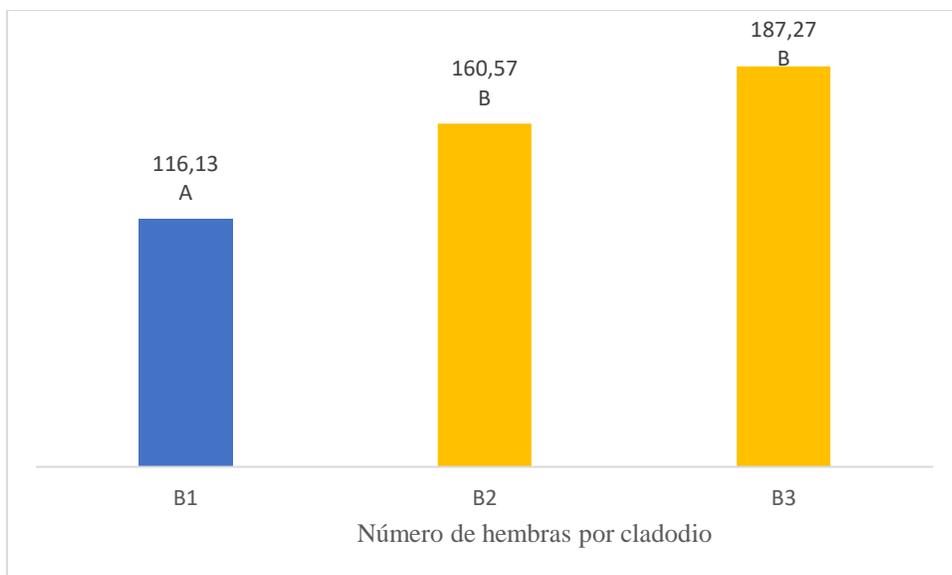


Ilustración 7-4: Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor B (N° de Hembras por cladodio)

- **A los 80 días**

La **Tabla 18-4** muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 80 días, se observa que el factor A ($p = 0,03$) y el factor B ($p = 0,002$) presentan diferencias significativas, la Interacción no es estadísticamente significativa. El coeficiente de variación fue de 45,97%.

Tabla 14-4: Análisis de varianza del número de N° de cochinillas a los 80 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	36540,82	2	18270,41	3,67	3,11	1,49	0,03*
Número de hembras por cladodio	66754,02	2	33377,01	6,7	3,11	1,49	0,002**
Interacción	34652,51	4	8663,13	1,74	2,48	1,50	0,15 ^{NS}
Error	403770,6	81	4984,82				
Total	541717,96	89					

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 14-4**, encontró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de pencas infestadas con media 135 es estadísticamente diferente al método de las bolsitas de Tul y el método del recipiente es estadísticamente igual a los antes

mencionados. Para el factor B (N° de hembras por cladodio) **Ilustración 15-4**, el número de hembras por cladodio de 15 con media 118 es estadísticamente diferente del número de hembras de 25 con media 185, mismos que son estadísticamente iguales al número de hembras por cladodio de 20.

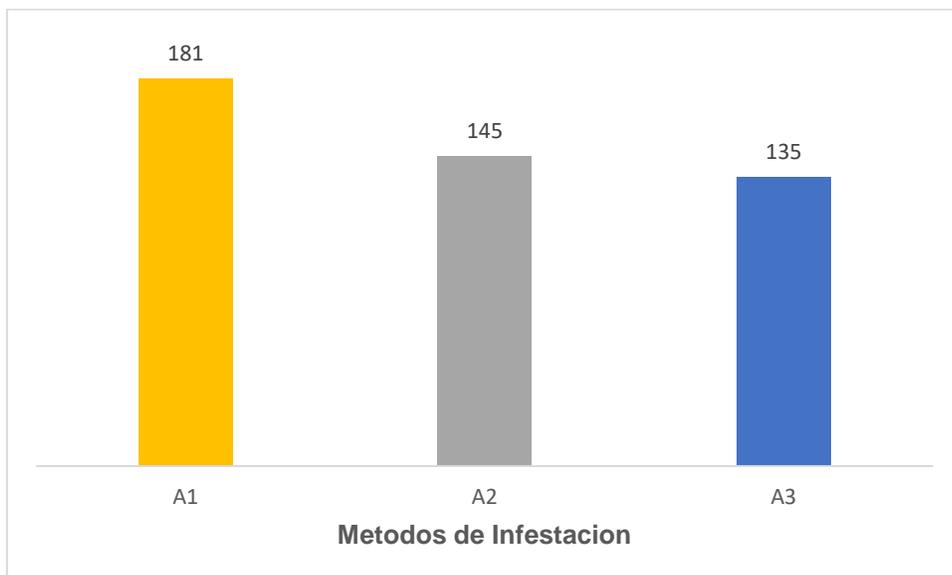


Ilustración 8-4: Abundancia por cladodio a los 80 días según factor A (Métodos de Infestación)

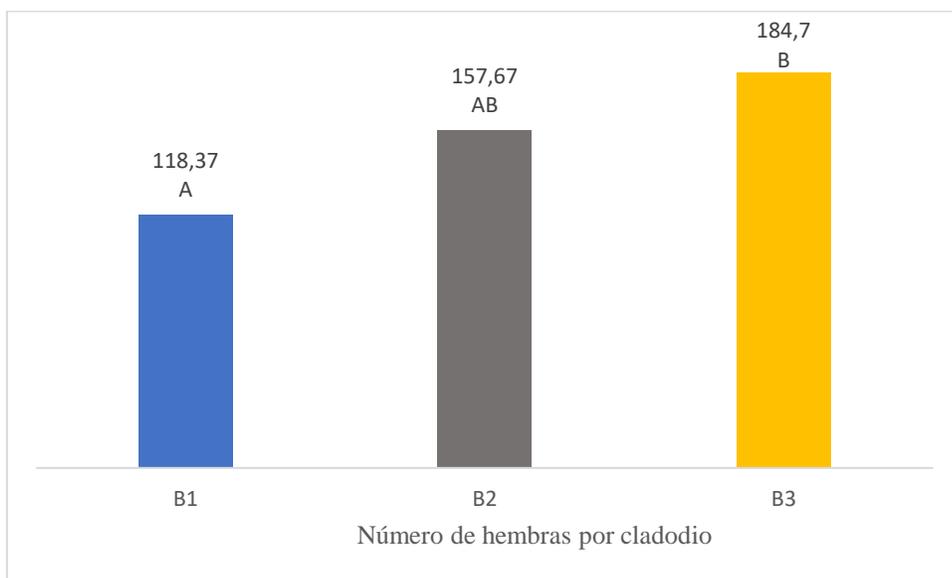


Ilustración 9-4: Abundancia de grana cochinita a los 80 días según factor B (N° de Hembras por cladodio)

4.1.3. Porcentaje de mortalidad

- **A los 30 días**

La **Tabla 19-4** indica el análisis de varianza a los 30 días para el porcentaje de mortalidad, se observa que el factor A (Métodos de infestación) ($p = 0,04$) presenta diferencias significativas, el factor B (N° de hembras por cladodio) y la Interacción no son estadísticamente significativas. El coeficiente de variación fue de 151,58%, lo que indica que los datos son muy variables y por lo tanto la media no es significativa.

Tabla 15-4: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 30 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	21,8	2	10,9	3,49	3,11	1,49	0,04*
Número de hembras por cladodio	3,8	2	1,9	0,61	3,11	1,49	0,55 ^{NS}
Interacción	9,6	4	2,4	0,77	2,48	1,50	0,55 ^{NS}
Error	253,3	81	3,13				
Total	288,5	89					

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 16-4**, encontró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de infestación de las pencas infestadas con media 2 y el método de las bolsitas de Tul con media de 0,5 son estadísticamente diferentes, el método del recipiente es estadísticamente igual a los antes mencionados.

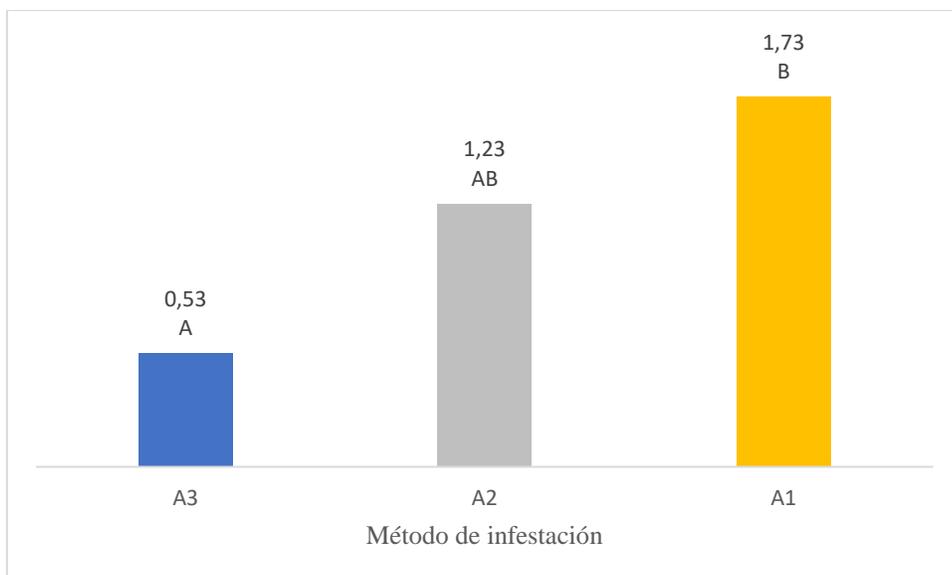


Ilustración 10-4: Porcentaje de mortalidad a los 30 días

- **A los 50 días**

La **Tabla 20-4** muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 50 días, se observa que ningún factor en estudio es estadísticamente significativo. El coeficiente de variación fue de 191,56%.

Tabla 16-4: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 50 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	32,07	2	16,03	0,96	3,11	1,49	0,39 ^{NS}
Número de hembras por cladodio	16,47	2	8,23	0,49	3,11	1,49	0,61 ^{NS}
Interacción	65,07	4	16,27	0,97	2,48	1,50	0,43 ^{NS}
Error	1352,8	81	16,7				
Total	1466,4	89					

p^{NS} > 0,05; 0,1 < p* ≤ 0,05; 0,05 < p** ≤ 0,01

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

- **A los 70 días**

La **Tabla 21-4** muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 70 días, se observa que ningún factor en estudio es estadísticamente significativo. El coeficiente de variación fue de 229,03%.

Tabla 17-4: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 70 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	5,27	2	2,63	0,18	3,11	1,49	0,84
Número de hembras por cladodio	11,47	2	5,73	0,39	3,11	1,49	0,68
Interacción	51,07	4	12,77	0,88	2,48	1,50	0,48
Error	1180,2	81	14,57				
Total	1248	89					

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

- **A los 90 días**

La **Tabla 22-4** muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 90 días, se observa que ningún factor en estudio es estadísticamente significativo. El coeficiente de variación fue de 155,32%.

Tabla 18-4: Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad a los 90 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	37,49	2	18,74	0,77	3,11	1,49	0,47 ^{NS}
Número de hembras por cladodio	41,69	2	20,84	0,86	3,11	1,49	0,43 ^{NS}
Interacción	122,78	4	30,69	1,26	2,48	1,50	0,29 ^{NS}
Error	1973,2	81	24,36				
Total	2175,16	89					

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

4.1.4. Peso fresco

En la **Tabla 23-4** se observa el análisis de varianza para el peso fresco de la cochinilla por cladodio a los 90 días, donde el método de infestación ($p = 0,0001$) presenta diferencias altamente significativas lo que quiere decir que es influyente, el número de hembras y la Interacción no son significativas. El coeficiente de variación fue de 9,22%, es decir la muestra es muy homogénea.

Tabla 19-4: Análisis de varianza del peso fresco de cochinillas a los 90 días

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	17,82	8	2,23	3,58	3,11	1,49	0,0001**
Número de hembras por cladodio	12,29	2	6,14	9,88	3,11	1,49	0,2033 ^{NS}
Interacción	2,02	2	1,01	1,63	2,48	1,50	0,2378 ^{NS}
Error	3,51	4	0,88	1,41			
Total	50,4	81	0,62				
p ^{NS} > 0,05; 0,1 < p* ≤ 0,05; 0,05 < p** ≤ 0,01							

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 17-4**, encontró que el método de pencas infestadas con media 9 es estadísticamente diferente al método del recipiente y del método de las bolsitas de Tul, mismos que son estadísticamente iguales.

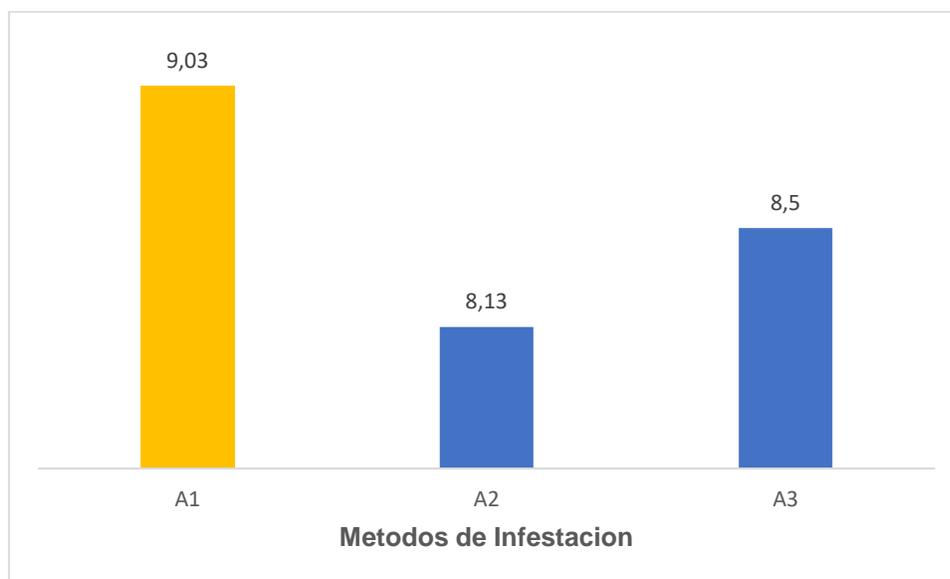


Ilustración 11-4: Peso fresco de la cochinilla a los 90 días.

4.1.5. *Peso seco*

En la **Tabla 24-4** se observa el análisis de varianza para el peso seco de la cochinilla por cladodio a los 90 días, donde el método de infestación ($p = 0,00002$) presenta diferencias altamente significativas lo que quiere decir que es influyente, el número de hembras y la Interacción no son significativas por lo tanto no son influyentes. El coeficiente de variación fue de 10,1% es decir, que los datos son muy homogéneos.

Tabla 20-4: Análisis de varianza del peso seco de cochinillas a los 90 días.

F. V.	SC	GL	CM	F			p-valor
				Cal.	0,05	0,01	
Método de infestación	14,16	2	7,08	12,15	3,11	1,49	0,00002**
Número de hembras por cladodio	1,49	2	0,74	1,28	3,11	1,49	0,2843 ^{NS}
Interacción	3,38	4	0,84	1,45	2,48	1,50	0,2254 ^{NS}
Error	47,2	81	0,58				
Total	66,22	89					
$p^{NS} > 0,05$; $0,1 < p^* \leq 0,05$; $0,05 < p^{**} \leq 0,01$							

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% **Ilustración 18-4**, encontró que el método de pencas infestadas con media 8 es estadísticamente diferente al método del método del recipiente y del método de las bolsitas de Tul, mismos que son estadísticamente iguales.

Los valores encontrados en esta investigación concuerdan con (Mendez, 2001), quien menciona que la variación del peso fresco con al peso seco puede ser de 2,5-3,5 equivalente a 1%.

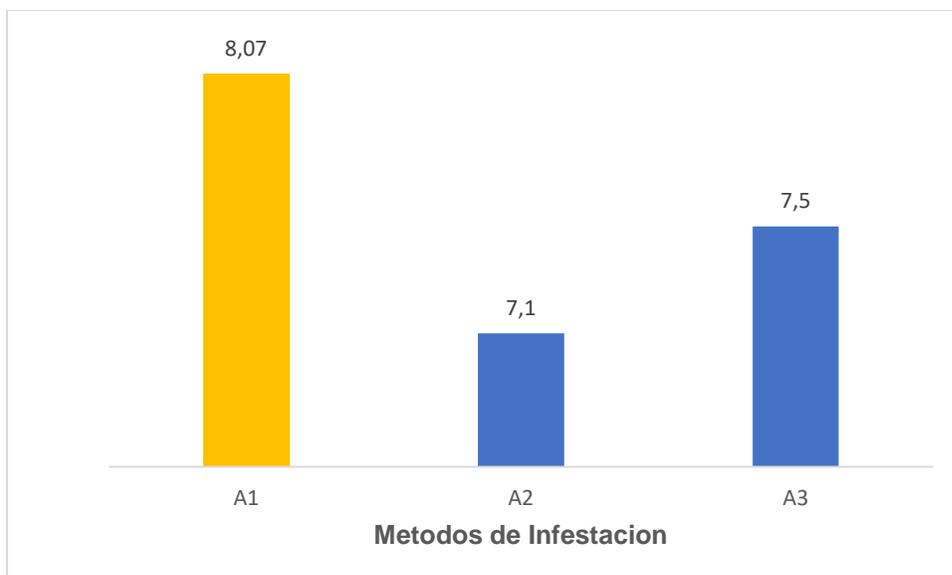


Ilustración 12-4: Peso seco de la cochinilla a los 90 días

4.1.6. Análisis económico

Se efectuó el análisis económico en relación al número de grana cochilla (*Dactylopius coccus* Costa) y al costo promedio de producción según la matriz de Perrin et al.

Tabla 21-4: Cálculo de costos variables en los tratamientos en estudio.

TRATAMIENTO	COSTO DE CLADODIO	COCHINILLAS	MATERIAL	OTROS	COSTOS VARIABLES (\$)
A1B1	7	0,48	11,43	0	18,91
A1B2	7	0,72	11,43	0	19,15
A1B3	7	0,96	11,43	0	19,39
A2B1	7	0,48	11,43	0,43	19,34
A2B2	7	0,72	11,43	0,43	19,58
A2B3	7	0,96	11,43	0,43	19,82
A3B1	7	0,48	11,43	0,18	19,09
A3B2	7	0,72	11,43	0,18	19,33
A3B3	7	0,96	11,43	0,18	19,57

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

En el análisis económico de la eficacia de métodos de infestación de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica* L) en invernadero en la Estación Experimental Tunshi, **Tabla 25-4**, desde el punto de vista económico el tratamiento que presentó menor costo de producción fue T1 (P. I + 15 hembras/cladodio) con un costo de \$ 18,91, mientras que el tratamiento con mayor costo de producción fue T6 (Rec. + 25 hembras/cladodio) con un costo de \$19,82.

Tabla 22-4: Beneficio neto de los tratamientos en estudio.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO AJUSTADO AL 10%	BENEFICIO DE CAMPO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)	BENEFICIO NETO (\$)
A1B1	92	82,8	71,37	18,91	52,46
A1B2	106	95,4	83,97	19,15	64,82
A1B3	104	93,6	82,17	19,39	62,78
A2B1	85	76,5	64,64	19,34	45,30
A2B2	82	73,8	61,94	19,58	42,36
A2B3	96	86,4	74,54	19,82	54,72
A3B1	41	36,9	25,29	19,09	6,20
A3B2	94	84,6	72,99	19,33	53,66
A3B3	100	90	78,39	19,57	58,82

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Se determinó el beneficio neto de los diferentes tratamientos **Tabla 26-4** donde se obtuvo un mejor beneficio neto de \$ 64,82 para el tratamiento **T2** (Pencas infestadas + 20 hembras/cladodio), caso contrario el tratamiento que presentó el mínimo beneficio neto de \$ 6,20 fue **T7** (Recipiente + 15 hembras/cladodio).

Tabla 23-4: Análisis de dominancia.

TRATAMIENTO	COSTOS VARIABLES (\$)	BENEFICIO NETO (\$)	DOMINANCIA
A1B1	18,91	52,46	NO DOMINANTE
A1B2	19,15	64,82	NO DOMINANTE
A1B3	19,39	62,78	NO DOMINANTE
A2B1	19,34	45,30	DOMINANTE
A2B2	19,58	42,36	NO DOMINANTE
A2B3	19,82	54,72	NO DOMINANTE

A3B1	19,09	6,20	DOMINANTE
A3B2	19,33	53,66	NO DOMINANTE
A3B3	19,57	58,82	NO DOMINANTE

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

En el análisis de dominancia de acuerdo a la Matriz de Perrín, et al (1987), los tratamientos no dominados son: A1B1 (P.I + 15 hemb/cladodio), A1B2 (P.I + 20 hemb /cladodio), A1B3 (P.I + 25 hemb/cladodio), A2B2 (Rec. + 20 hemb/cladodio), A2B3 (Rec. + 25 hemb/cladodio), A3B2 (Bol.Tul + 20 hemb/cladodio), A3B3 (Bol.Tul + 25 hemb/cladodio) y los dominados son A2B1 (Rec + 15 hemb/cladodio), A3B1 (Bol.Tul + 15 hemb/cladodio) por lo que serán quitados del análisis.

Tabla 24-4: Análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos NO DOMINADOS.

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO (\$)	COSTOS VARIABLES (\$)	INCREMENTO O BENEFICIO NETO MARGINAL	INCREMENTO O COSTOS VARIABLES MARGINALES	TASA DE RETORNO MARGINAL	%
A1B1	52,46	18,91				
A1B2	64,82	19,15	12,36	0,24	0,24	24
A1B3	62,78	19,39	-2,04	0,24	0,24	24
A2B2	42,36	19,58	-20,42	0,19	0,19	19
A2B3	54,72	19,82	12,36	0,24	0,24	43
A3B2	53,66	19,33	-1,06	-0,49	-0,49	-49
A3B3	58,82	19,57	5,16	0,24	0,24	24

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

La tasa de retorno marginal calculada es una indicación de lo que el productor puede esperar en promedio recibir al cambiar de tratamiento. Por lo tanto, una tasa marginal de retorno del 24% al cambiar de un tratamiento 6 a un tratamiento 7, implica que, por cada dólar invertido en el nuevo tratamiento, en donde el productor puede obtener una ganancia de 0,24 centavos más el dólar invertido inicialmente.

4.2. Discusión

4.2.1. Grado de infestación

En la primera lectura de datos, la grana cochinilla se encontraba en la fase migrante (Ninfa I) aquí, el método de mayor eficiencia, fue el de pencas infestadas y el número óptimo de hembras madre de grana cochinilla de 20, esto debido a que los cladodios y los inóculos son influenciados por la luz poco intensa en este método y permiten que las ninfas migrantes se propaguen y fijen adecuadamente, ya que los primeros 20 días después de la infestación el cladodio debe ser colocado de forma horizontal, esto lo corrobora Quisbert, (2006) quién manifiesta que el desarrollo de la cochinilla durante la fase migrante, ninfa I es favorecido por la luz poco intensa.

En la segunda lectura de datos, los insectos se encontraban en la fase de Ninfa II aquí, se encontró que los factores en estudio no están relacionados entre sí y son independientes, por lo tanto, se puede manifestar que, la intensidad de luz influiría en el desarrollo de la interacción método – cochinilla porque las insolaciones muy intensas son desfavorables en la evolución del metabolismo del insecto y en la actividad metabólica del cladodio. Esto lo corrobora Quisbert, (2006) que menciona que la intensidad de luz debe ser baja durante el estado de ninfa del insecto.

En la tercera y cuarta lectura de datos se obtuvieron valores similares por lo que se determinó que en esta investigación para los grados de infestación durante los primeros 20 días la interacción (AxB) muestra que ambos factores son influyentes en este caso el método de pencas infestadas, mientras que para los 40, 60 y 80 después de la infestación solo el factor B es influyente.

4.2.2. Abundancia de grana cochinilla

En la primera lectura de datos se encontró que los factores A y B tienen influencia, pero la interacción no, por lo que ambos provocan un cambio en la variable respuesta, debido a que la cochinilla en estado migrante es susceptible a la luminosidad directa, esto se corrobora según Marín & Cisneros, (1993) que mencionan que la cochinilla busca refugiarse en sitios sombreados, Una vez que el insecto se ha fijado definitivamente, su desarrollo puede llevarse a cabo aún en condiciones de insolación directa.

En la segunda lectura de datos se encontró que para el factor A, el método de pencas infestadas con media 159 es estadísticamente diferente al método del recipiente y de bolsitas de Tul con media 113 y 121 respectivamente, esto se comprueba en la investigación realizada por Tekelenburg, (1995) en la que se empleó el sistema de penca colgada y bajo invernadero en donde obtuvo 194 hembras de grana cochinilla por penca, valores que se encuentran cercanos a los encontrados en esta

investigación, mientras que para el factor B, el número óptimo de hembras madre puede ser 20 o 25. Figueroa & Llanderal, (2003) consideran que las cantidades optimas son de 5 a 25 cochinillas madres con valores intermedios de 10, 15 y 20, lo que corrobora con los resultados obtenidos en esta investigación.

En la tercera y cuarta lectura se obtuvo valores similares a los de la segunda lectura por lo que se determinó que, en la variable abundancia de grana cochinilla en esta investigación el método de pencas infestadas con 25 hembras madre de grana cochinilla es el óptimo para obtener mayor producción.

4.2.3. Porcentaje de mortalidad

Primera lectura de datos (a los 30 días) se encontró que el factor A es influyente pero el factor B y la interacción no lo son, esto debido a que el método de pencas infestadas durante la fase de ninfa migrante de la grana cochinilla no está expuesta directamente a la luz por lo que las ninfas fijan bien su estructura bucal. Diodato, et al, (2000) mencionan que valores extremos de temperatura pueden ser causa de pérdidas de individuos de la población en desarrollo ya que dentro del invernadero se registró temperaturas de hasta 46 °C.

Para el porcentaje de mortalidad a los 50, 70 y 90 días, se observa que ningún factor en estudio es estadísticamente significativo.

Los valores de mortalidad obtenidos en esta investigación. fueron bajos con un valor de 2%, comparados con los de Mendez-Gallegos et al, (2000) quienes en su investigación usaron como sustrato nopal de castilla en donde registraron una mortalidad de 35 %.

4.2.4. Peso fresco

De acuerdo a lo encontrado por Gusqui, (2012) con 4,66 g como peso fresco promedio de grana cochinilla por cladodio, empleando 20 hembras de grana cochinilla madre por cladodio, lo que comparando con los resultados obtenidos en esta investigación son valores cercanos a los mencionados por el autor.

4.2.5. Peso seco

En penca colgada y en sólo un ciclo de producción, Figueroa & Llanderal, (2003) documentan un rendimiento de 7,8 g en peso seco por penca, lo cual es similar al promedio registrado en esta investigación.

4.3. Comprobación de la hipótesis

H₀: Ninguno de los métodos de infestación no aumenta la producción de grana cochinilla

H₁: Al menos uno de los métodos de infestación aumenta la producción de grana cochinilla

Tabla 25-4: Comparación de medias del factor A: Métodos de Infestación.

Método de infestación	Medias	Tukey (5%)
A2	7,10	A
A3	7,50	A
A1	8,07	B

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

La **Tabla 29-4** del análisis de varianza para la abundancia de cochinilla cuyo valor p igual a 0,0001 menor al nivel de significancia 0,05 permite rechazar la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa, por tanto, se concluye con el 95% de confianza que al menos uno de los métodos de infestación aumenta la producción de grana de cochinilla, con la prueba de Tukey se determina que con el método de infestación de pencas infestadas se obtiene en promedio la mayor producción de grana cochinilla con 8,07 gramos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En invernadero el método de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) de mejor eficacia en la Estación Experimental Tunshi, fue el método de Pencas infestadas ya que produjo el mejor grado de infestación y mayor abundancia de grana cochinilla en las cuatro evaluaciones ejecutadas.

En invernadero el número óptimo de hembras por cladodio (*Opuntia ficus indica*. L) para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en la Estación Experimental Tunshi fue el tratamiento T2 (P.I + 20 hemb/cladodio).de 20 hembras donde se obtuvo un alto número de grana cochinilla a los 20, 40, 60 y 80 días.

En el aspecto económico se determinó el beneficio neto de los diferentes tratamientos (**Tabla 26-4**), que el tratamiento **T6** (A2B3) (Rec. + 25 hemb/cladodio) obtuvo un mejor beneficio neto de \$ 167,13, en cambio el tratamiento **T4** (A2B1) (Rec. + 20 hemb/cladodio) obtuvo el mínimo beneficio neto de \$ 66,06.

La tasa de retorno marginal obtenida es una referencia de lo que el productor puede esperar en promedio recibir al cambiar de tratamiento. Por lo tanto, una tasa marginal de retorno del 24% al cambiar de un tratamiento 6 a un tratamiento 7, implica que, el productor por cada dólar invertido en el nuevo tratamiento, puede esperar recuperar el dólar invertido más un retorno adicional de \$0,24.

5.2. Recomendaciones

Establecer el mejor método de propagación de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) para la producción a campo abierto.

Establecer el mejor número de hembras madre por cladodio (*Opuntia ficus indica*. L) para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) a campo abierto, utilizando de 15 a 25 hembras por cladodio.

Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio mediante otro método.

Probar diferentes porcentajes de apertura de malla serán con el fin de encontrar el más adecuado y así evitar la muerte de huevos y ninfas durante los primeros 20 días de vida donde los insectos son muy vulnerables al exceso de luz.

Estudiar el efecto de insectos plaga durante el ciclo de desarrollo de la grana cochinilla, como pueden ser las arañas ya que, tejen sus redes debajo de las bolsitas de tul o gasa donde quedan atrapadas las crías o insectos macho de grana cochinilla y mueren.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abundancia: Gran número de individuos o cosas (RAE, 2022).

Carmín: Color rojo intenso, algo purpuro que se obtiene del ácido carmínico (RAE, 2022).

Caja petri: Recipiente utilizado en laboratorio para observar diferentes tipos de muestras, para cultivos de hongos y bacterias (QUIMIREL, 2022).

Cladodio: Tallo en forma laminar que tiene espinos que realizan la función de hoja (Pimienta, et al. 2012, p. 22).

DCA: Diseño completamente al azar es el más sencillo de los diseños de experimentos que tratan de comparar dos o más tratamientos, puesto que sólo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Montgomery, 2044, p. 175).

Hospedero: Organismo que da albergue a otro organismo (Pimienta, et al. 2012, p. 26).

Infestar: Invasión de un organismo vivo por agentes externos (Pimienta, et al. 2012, p. 26).

Ovoposición: Proceso de puesta de huevos plenamente desarrollados del cuerpo femenino (Coya, 2015, p. 48).

Pupa: Estadio por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis que los lleva del último estadio de larva al de imago o adulto (Coya, 2015, p. 45).

Prepupa: Es un insecto entre las etapas larval y pupal del desarrollo (Coya, 2015, p. 45).

Maleza: Plantas no deseadas por el hombre en un cultivo o en cualquier lugar (Pimienta, et al. 2012, p. 14).

Mordiente: Sustancia empleada en la tintorería para fijar los colores en las telas (QUIMIREL, 2022).

Mortalidad: Frecuencia del número de defunciones ocurridas en una población, área geográfica y período determinado (Pimienta, et al. 2012, p. 24).

Ninfa: Estado juvenil de los insectos (Coya, 2015, p. 46).

Sarán: Malla de polietileno que permite regular la luz que incide en un cultivo (alegsa, 2017)

Sofocar: Asfixiar o quitar el aire (RAE, 2022).

Tul: Tejido delgado y transparente de seda, algodón o hilo, que forma malla (RAE, 2022).

BIBLIOGRAFÍA

AGRODATAPERU. *Cochinilla Carmin Exportacion* [blog]. Peru: Koo Wilfrido, 21 de junio, 2022. [Consulta: 12 de junio del 2022] Disponible en: <https://www.agrodataperu.com/2022/09/cochinilla-carmin-peru-exportacion-2022-agosto.html>

AGROPRODUCTORES. *La clasificación taxonómica de la cochinilla.* [blog]. Jalisco-Mexico: 26 de diciembre, 2022. [Consulta: 23 de junio del 2022]. Disponible en: <https://agroproductores.com/cochinilla-grana-dactylopius-coccus-costa/>

ALVARADO & ÁLVAREZ. Estudio del ciclo de vida de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus Costa* en condiciones de laboratorio y de campo [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad de Lima. Peru. 1997. pp. 23-34

BARREDA, DIEGO. Mejora de procesos en la producción de cochinilla para incrementar la productividad de la empresa agroexportadora Carmín S.R.L (en línea) (Trabajo de titulación) (Pregrado), Universidad Católica de Santa María, Arequipa - Peru. 2019. pp. 11-17. [Consulta: 23 de junio del 2022]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9903>.

BISSANTI, GUIDO. *Un mundo ecosostenibile: Dactylopius coccus.*[blog]. 08 de diciembre de 2019. [Consulta: 30 de abril de 2022.]. Disponible en: <https://antropocene.it/es/2019/12/08/dactylopius-coccus/>.

CENTENO, MONICA. Extracción, estabilización y evaluaciones análíticas del carmín (en línea) (Trabajo de titulación) (Maestría). Instituto Politécnico Nacional. México. 2003. pp. 45 - 48. [Consulta: 5 de abril del 2022]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/960>

CONDEÑA, FERNANDO. Manejo integrado de la Tuna y Cocchinilla para los Valles interandinos de la sierra Peruana (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Programa de frutales y elaboracion de licores, Ayacucho - Peru. 1997. pp. 62 - 65.

COYA, MICHAEL. Tres colores de malla y tres periodos de sombreado en la producción de la "cochinilla de carmín" (*Dactylopius coccus costa*) en el cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la zona subtropical arida [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional San

Agustin de Arequipa - Peru. 2015. pp. 45-48. [Consulta: 2022-07-23]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/392>.

ALEGSA, LEANDRO. Definición de saran [en línea]. Santa Fe - Argentina: 2017. [Consulta: 26 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.definiciones->

DAHLGREN, BROR. La grana cochinilla. Ciencia UNAM [en línea]. Mexico. 04 de enero del 2013. [Consulta: 23 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/contenido/galeria/115/la-grana-cochinilla>.

DELGADO, O & ROQUE, A. Influencia de la temperatura y cantidad de Na₂CO₃ en la extracción de ácido carmínico a partir de *Dactylopius coccus costa* “Cochinilla” [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad Nacional de Trujillo - Peru. 2018. pp.34-38. [Consulta: 2022-07-23]. Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10525/DelgadoUlloa_O%20-%20RoqueCueva_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DIODATO, L; FUSTER, A & GALINDEZ. M. Infestaciones inducidas de grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera, Dactylopiidae), en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. SCIELO. 2009. pp. 23-36. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN 1851-3026. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262009000100006

FIGUEROA, MANUEL & LLANDERAL, CELINA. Producción de grana cochinilla, *Dactylopius coccus* (Homoptera:Dactylopiidae) en invernadero” [en línea], 2003, Mexico. pp.149- 154. [Consulta: 20 junio 2022]. ISSN: 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30237205.pdf>.

GARECA, E. Experiencias del PERTT en tuna cochinilla. Memorias del III Seminario Regional de Tuna y Cochinilla. Tarija Bolivia, 1993, pp. 36-37.

GOVELA, HANNELORE. Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) (Hemiptera: Dactylopiidae) con diferentes sistemas de infestacion [En línea] (Trabajo de titulación), (Maestría) Universidad Autónoma de Puebla, Mexico. 2021. pp. 34-37. [Consulta: 2022-07-23]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3550820>.

GUSQUI, ROBERTO. Eficacia de los métodos de infestación y el número óptimo de hembras madre por cladodio de tuna (*Opuntia ficus indica*), para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus costa*), bajo invernadero en la comunidad Chingazo Alto del canton Guano [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2012. pp. 45-56. [Consulta: 2022-07-17]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2232/1/13T0758%20.pdf>.

HDV – CONSULTORES – PDA. (Octubre, 1992). Mercado de la cochinilla. Trabajo presentado en 2º Congreso Nacional del trinomio Tunal. Cochinilla. Cochabamba, Bolivia.

HOLDRIDGE, LESLIE. *Clasificación ecológica de Chimborazo. En Ecología basada en zonas de vida.* San Jose. 1992. p. 216.

MAMANI & RAMPAS. Costos de producción y precio de venta de cochinilla en la comunidad de Inkawasi, provincia de la convención Cuzco, periodo 2017 [En línea] (Trabajo de titulación), (Pregrado) Universidad Andina del Cusco, Peru. 2017. pp 45-48. [Consulta: 2022-07-27]. Disponible en: https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2781/Luz_Any_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MARÍN, ROSEMARINA & CISNEROS, FAUSTO. Biología y Morfología de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus Costa*). Revista Entomologica. [En línea], 1993, Mexico, 20(1), pp 115-120. [Consulta: 2022-07-25]. Disponible en: <https://xdoc.mx/documents/biologia-y-morfologia-de-la-cochinilla-del-carmin-dactylopius-coccus-5fb35b2d7a082>

MENDEZ, GUILLERMO. *Cultivo y manejo de grana cochinilla.* Producción de Grana Cochinilla. Ciudad de Mexico: Colegio de Postgraduados, 2001, pp. 69-77.

MENDEZ-GALLEGOS, et al. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus Costa* (Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas. Guadalajara - Mexico. Agrocencia. Serie Protección Vegetal, 2000. p. 7.

MONTGOMERY, DOUGLAS. *Diseño y análisis de experimentos.* México D.F: Olimusa Wiley S.A, 2004. p 179.

MOROCHO & ROMÁN. *Producción y Comercialización de Tuna – Cochinilla*, Loja – Ecuador: Fundación ARCO IRIS. 1998. pp 12-15.

PALOMINO, M & NAVARRO, A. *El cultivo de la tuna y la propagación de la cochinilla*. Cuzco-Peru: PROFEL. Facultad de Ciencias Agrarias.2006. p 24.

PÉREZ & BACORRA. Boletín bimestral de La Comisión Nacional Para el conocimiento y el uso de La Biodiversidad. *Boletín de Mayo*. 2001. pp 2-5.

PIMIENTA, E; ZAÑUDO, J; MUÑOZ, A & ROBLES, C. Eco fisiología de tallos jóvenes (cladodios) de *Opuntia ficus-indica* en condiciones húmeda y seca. *Gayana Botánica* [en línea], 2012, México, 69(2), pp. 232-239. Disponible en: https://revistas.udel.cl/index.php/gayana_botanica/article/view/4068

PORTILLO, LIBERATO. Infestación óptima de cladodios aislados del nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) mill. con grana cochinilla *Dactylopius coccus costa*. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad de Guadalajara, Jalisco, Mexico. 1992. p. 68.

QUIMIREL. *Cajas de petri* [blog]. Colombia: 2022. [Consulta: 23-11-2022]. Disponible en: <https://quimirel.com.co/cajas-de-petri/>

QUISBERT, EDGAR. Efecto de la orientación de pencas de tuna (*Opuntia* sp.) sobre la infestación de cochinilla (*Dactylopius coccus*) con diferente número de inóculos [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 2006. pp. 35-37. [Consulta: 2022-05-15]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9871/T-1006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

QUISPE, RODRIGO. Ciclo biológico de la cochinilla del cactus (*Dactylopius coccus Costa*) en diferentes épocas del año y en tres pisos altitudinales de Ayacucho. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 1990. p 38.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. [en línea], 23.^a ed. Madrid-España, 2022. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/abundante>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. [en línea], 23.^a ed. Madrid-España, 2022. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/carmín>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. [en línea], 23.^a ed. Madrid-España, 2022. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/tul%7D?m=form>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española [en línea], 23.^a ed. Madrid-España, 2022. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/sofocar?m=form>

ROMERO, CARLOS. *Manual del cultivo de la tuna y producción de cochinilla.* (1994) (Ayacucho-Peru) p. 76..

RUÍZ, MILTON. El cultivo y Manejo de la Cochinilla *Dactylopius coccus Costa*. Boletín Divulgado N° 1 y 2. 2012. Loja – Ecuador. pp 54-56.

SIERRA, R. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 2012. Quito, Ecuador. p 8.

TEKELENBURG, A., et al. La producción de cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*) en ambientes semicontrolados. Memorias del 6to Congreso Nacional y 4to. Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad de Guadalajara. 1995. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 48-55

TUKUYPAJ. Memorias del IV seminario Nacional sobre investigación de tuna y cochinilla (11- 12 de marzo de 1993). Cochabamba, Bolivia.

URBINA, ANA; ARROYO, GABRIELA & MEDINA, TARSICIO. Grana cochinilla: Produccion, calidad y aplicación. Jóvenes en la ciencia. [en línea], 2018, (Mexico) 4(1), pp. 46-49. ISSN 2395-9797. [Consulta: 18 de julio del 2022]. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2679>

VIDAL, JORGE. *Curso de Botánica.* Lima – Perú: Editorial Bruño.1984. pp 23-24.

VIGUERAS & PORTILLO, *Control de cochinilla silvestre y cría de grana cochinilla.* Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología.2014. México: Litográfica Montes, pp. 62-65.

ANEXOS

ANEXO A: INSTALACIÓN DEL ENSAYO



ANEXO B: INFESTACIÓN DE CLADODIOS MEDIANTE LOS 3 MÉTODOS EN ESTUDIO.



ANEXO C: GRADO DE INFESTACIÓN POR LOS 3 MÉTODOS



ANEXO D: ABUNDANCIA DE GRANA COCHINILLA POR LOS 3 MÉTODOS



ANEXO E: LECTURA DE DATOS

- Grado de infestación**

Fecha: 19/04/2021

Primera lectura a los 20 días

Estado: Huevo y Ninfa I

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	124	78	97	112	112	78	67	48	95	61
A1B2	20	92	105	132	141	92	91	94	21	138	54
A1B3	25	80	87	84	74	115	73	116	27	87	76
A2B1	15	20	15	23	35	51	71	63	28	32	30
A2B2	20	23	42	26	98	82	86	47	132	66	68
A2B3	25	61	132	70	71	125	46	89	141	123	12
A3B1	15	13	82	11	33	25	54	58	56	57	10
A3B2	20	123	112	74	78	98	23	21	87	78	23
A3B3	25	136	102	85	184	135	45	16	42	118	152

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 09/05/2022

Segunda lectura a los 40 días

Estado: Ninfa II

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	125	82	60	112	177	53	40	41	82	36
A1B2	20	112	84	120	160	92	110	147	76	148	48
A1B3	25	53	122	84	83	100	50	136	182	57	76
A2B1	15	66	6	27	12	38	82	92	28	39	54
A2B2	20	27	78	20	121	91	106	71	56	76	57
A2B3	25	57	111	104	54	157	62	138	251	96	126
A3B1	15	13	93	17	42	13	105	121	72	30	11
A3B2	20	172	92	46	97	92	21	26	168	81	27
A3B3	25	133	81	143	120	96	50	34	34	56	86

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 29/05/2022

Tercera lectura a los 60 días

Estado: Hembra adulta

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	140	96	58	110	93	53	42	37	80	36
A1B2	20	96	89	114	143	82	110	136	69	138	48
A1B3	25	55	63	96	86	112	43	124	178	53	77
A2B1	15	68	3	25	14	42	85	100	32	35	54
A2B2	20	27	75	18	118	85	111	81	51	68	51
A2B3	25	52	117	110	58	165	68	135	239	90	122
A3B1	15	9	80	5	45	21	73	98	70	30	9
A3B2	20	154	40	46	98	108	10	25	170	68	23
A3B3	25	133	72	141	102	91	47	34	34	52	170

Realizado por: Guamán Giuliana, 2022

Fecha: 18/06/2022

Cuarta lectura a los 80 días

Estado: Hembra adulta

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	148	98	54	112	97	55	45	35	85	34
A1B2	20	103	91	117	140	85	114	138	72	142	43
A1B3	25	58	63	94	85	117	47	122	182	52	79
A2B1	15	70	2	25	10	39	86	90	30	35	51
A2B2	20	28	81	18	126	95	108	68	54	81	63
A2B3	25	66	119	115	59	155	69	135	260	98	128
A3B1	15	8	83	4	46	20	77	92	68	36	7
A3B2	20	158	46	48	100	113	11	28	173	63	19
A3B3	25	140	75	148	111	94	45	37	36	50	176

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

- Abundancia de grana cochinilla por cladodio**

Fecha: 19/04/2021 Primera lectura a los 20 días

Estado: Huevo y Ninfa I (20 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	263	125	122	168	223	136	104	51	132	29
A1B2	20	236	190	185	241	221	157	147	98	212	46
A1B3	25	119	182	255	152	184	127	184	158	196	139
A2B1	15	91	15	45	42	86	111	144	53	76	86
A2B2	20	54	94	40	168	150	178	110	225	78	104
A2B3	25	117	103	132	137	225	82	132	205	162	139
A3B1	15	27	111	28	70	45	112	110	85	97	72
A3B2	20	165	172	116	155	162	48	35	146	118	158
A3B3	25	260	164	152	291	180	76	36	72	180	179

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 09/05/2022 Segunda lectura a los 40 días

Estado: Ninfa II (13-18 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	230	210	124	222	262	132	198	62	160	76
A1B2	20	158	176	166	158	283	220	238	154	312	84
A1B3	25	88	162	192	134	188	138	175	226	226	201
A2B1	15	86	8	64	53	68	174	176	54	77	98
A2B2	20	59	141	40	246	168	208	113	162	104	122
A2B3	25	126	211	116	119	298	271	167	342	152	189
A3B1	15	29	118	25	102	40	163	184	120	88	18
A3B2	20	150	156	75	198	186	42	56	218	137	136
A3B3	25	257	180	213	206	242	81	51	68	160	325

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 29/05/2022

Tercera lectura a los 60 días

Estado: Hembra adulta

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	140	96	58	110	93	53	42	37	80	36
A1B2	20	96	89	114	143	82	110	136	69	138	48
A1B3	25	55	63	96	86	112	43	124	178	53	77
A2B1	15	68	3	25	14	42	85	100	32	35	54
A2B2	20	27	75	18	118	85	111	81	51	68	51
A2B3	25	52	117	110	58	165	68	135	239	90	122
A3B1	15	9	80	5	45	21	73	98	70	30	9
A3B2	20	154	40	46	98	108	10	25	170	68	23
A3B3	25	133	72	141	102	91	47	34	34	52	170

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022.

Fecha: 18/06/2022

Cuarta lectura a los 80 días

Estado: Hembra adulta

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	148	98	54	112	97	55	45	35	85	34
A1B2	20	103	91	117	140	85	114	138	72	142	43
A1B3	25	58	63	94	85	117	47	122	182	52	79
A2B1	15	70	2	25	10	39	86	90	30	35	51
A2B2	20	28	81	18	126	95	108	68	54	81	63
A2B3	25	66	119	115	59	155	69	135	260	98	128
A3B1	15	8	83	4	46	20	77	92	68	36	7
A3B2	20	158	46	48	100	113	11	28	173	63	19
A3B3	25	140	75	148	111	94	45	37	36	50	176

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

- Porcentaje de mortalidad**

Fecha: 29/04/2022

Primera lectura a los 30 días

Estado: Ninfa II (13-18 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	3	1	0	3	0	0	0	0	3	2
A1B2	20	1	4	2	3	0	0	0	0	0	0
A1B3	25	0	2	3	4	0	2	2	2	0	0
A2B1	15	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2
A2B2	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2B3	25	0	3	2	3	0	0	0	0	0	1
A3B1	15	0	2	1	0	3	0	0	0	4	0
A3B2	20	9	0	8	0	0	0	0	0	0	6
A3B3	25	4	2	0	5	2	0	2	2	2	0

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 19/05/2022

Segunda lectura a los 50 días

Hembra adulta (30-38 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	6	0	0	0	0	4	0	0	0	0
A1B2	20	5	7	2	13	0	0	0	0	0	0
A1B3	25	4	1	23	6	0	0	9	0	0	0
A2B1	15	3	2	0	0	18	0	0	0	0	0
A2B2	20	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
A2B3	25	0	4	5	3	0	0	0	0	0	0
A3B1	15	0	0	3	0	5	0	0	0	3	6
A3B2	20	5	6	11	0	0	6	0	0	0	2
A3B3	25	7	0	0	12	4	0	0	0	3	0

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 08/06/2022 Tercera lectura a los 70 días

Estado: Hembra adulta (30-38 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	9	0	0	0	6	5	0	0	0	2
A1B2	20	0	2	0	6	3	0	0	0	4	0
A1B3	25	0	2	0	4	4	0	0	0	0	0
A2B1	15	4	0	0	0	12	0	0	0	0	0
A2B2	20	0	0	2	0	0	0	0	20	0	0
A2B3	25	0	0	4	3	0	0	0	0	15	0
A3B1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3B2	20	7	0	0	0	4	0	0	0	0	0
A3B3	25	7	0	0	3	0	0	0	17	5	0

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

Fecha: 28/06/2022 Cuarta lectura a los 90 días

Estado: Hembra adulta (30-38 días)

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	4	0	0	0	12	12	0	0	0	0
A1B2	20	5	14	18	18	9	0	0	0	0	0
A1B3	25	6	3	7	7	0	0	0	0	0	0
A2B1	15	9	3	0	0	14	0	0	0	0	0
A2B2	20	0	0	7	0	0	0	0	6	0	0
A2B3	25	0	0	0	5	6	0	0	0	19	0
A3B1	15	0	1	3	7	5	0	0	0	0	0
A3B2	20	1	3	4	6	9	6	0	0	0	14
A3B3	25	9	0	0	4	0	15	0	7	8	0

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

- **Peso fresco de la grana cochinilla**

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	10	8	10	8	9	9	7	8	9	8
A1B2	20	9	8	11	10	10	10	11	9	10	8
A1B3	25	8	8	9	9	10	9	8	10	9	9
A2B1	15	7	9	8	8	8	8	9	8	8	8
A2B2	20	8	8	8	8	8	8	10	8	8	8
A2B3	25	8	8	8	8	8	9	8	8	8	8
A3B1	15	8	9	8	10	8	8	11	8	8	8
A3B2	20	9	8	8	9	10	8	8	9	8	8
A3B3	25	8	8	10	8	9	8	8	8	8	9

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

- **Peso seco de la grana cochinilla**

Tratamiento	N° de hembras	Repetición									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1B1	15	9	7	9	7	8	8	7	7	8	7
A1B2	20	8	7	10	9	9	9	10	8	9	7
A1B3	25	7	7	8	8	9	8	7	9	8	8
A2B1	15	6	7	7	7	7	7	8	7	7	7
A2B2	20	7	7	7	7	7	7	9	7	7	7
A2B3	25	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7
A3B1	15	7	8	7	9	7	7	10	7	7	7
A3B2	20	7	7	7	8	9	7	7	8	7	7
A3B3	25	7	7	9	7	8	7	8	7	7	8

Realizado por: Guamán, Giuliana, 2022

ANEXO F: COSECHA DE GRANA COCHINILLA Y PESO FRESCO



ANEXO G: PESO SECO.



ANEXO H: EJEMPLARES DE GRANA COCHINILLA HEMBRA Y MACHO



ANEXO I: DEPRECIACIÓN DEL INVERNADERO.

Vida útil (años)	Valor	Depreciación anual (USD)	Depreciación acumulada
0	2200		
1	1700	500,00	500,00
2	1200	500,00	1000
3	700	500,00	1500,00