



*Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla  
(*dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica l.*) En invernadero.*

*Efficacy of three methods of cochineal infestation (*dactylopius coccus costa*) on  
prickly pear (*opuntia ficus indica l.*) in a greenhouse.*

*Eficácia de três métodos de infestação de cochonilha (*dactylopius coccus costa*)  
em figo da Índia (*opuntia ficus indica L.*) em casa de vegetação.*

Pablo Israel Álvarez-Romero <sup>I</sup>  
[pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec](mailto:pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec)  
[orcid.org/0000-0003-0743-5210](https://orcid.org/0000-0003-0743-5210)

Giuliana Belén Guamán-Wallancañay <sup>II</sup>  
[giuliana.guaman@esPOCH.edu.ec](mailto:giuliana.guaman@esPOCH.edu.ec)  
[orcid.org/0000-0001-8633-1502](https://orcid.org/0000-0001-8633-1502)

Carlos Francisco Carpio-Coba <sup>III</sup>  
[ccarpio@esPOCH.edu.ec](mailto:ccarpio@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-7361-7664>

Alex Estuardo Erazo-Lara <sup>IV</sup>  
[alex.erasol@esPOCH.edu.ec](mailto:alex.erasol@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4069-9269>

**Correspondencia:** [pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec](mailto:pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec)

Ciencias de la Educación  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de enero de 2023 \* **Aceptado:** 25 de febrero de 2023 \* **Publicado:** 27 de marzo de 2023

- I. PhD en Ciencias en Fitopatología, Máster en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, mención en Mejoramiento y Sanidad Vegetal, Ingeniero Agrónomo, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)-Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniera Agrónoma, Investigadora Independiente, Ecuador.
- III. Magíster en Sanidad Vegetal, Ingeniero Agropecuario, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)-Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.
- IV. Magíster en Administración de Empresas, Ingeniero Agrónomo, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)-Sede Morona Santiago.



## **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 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.

**Palabras Clave:** *Opuntia*; *Dactylopius*; Carmin.

## **Abstract**

The objective of this research was to determine the efficacy of 3 infestation methods for the production of cochineal (*Dactylopius coccus Costa*) in prickly pear (*Opuntia ficus indica L*) as well as to determine the optimal number of mother females in the greenhouse at the Tunshi Experimental Station for the that the completely randomized experimental design (DCA) was used with a bifactorial arrangement (Factor A: Infestation Methods and Factor B: Number of mother females per cladode) with measurement levels and 90 experimental units were established, 9 treatments with 10 repetitions for each. The methods that were evaluated for the infestation of the cladodes were: infested stalks; container method, tulle bag method. For the analysis and interpretation of results, an analysis of variance was carried out, obtaining that in the greenhouse the most efficient infestation method for the production of grana cochineal in the Tunshi Experimental Station, was the method of infested leaves, since it produced the best degree of

infestation and greater abundance of cochineal in the four evaluations carried out, in the same way in the greenhouse the optimal number of females per cladode for the production of cochineal was the T2 treatment (P.I + 20 hemb/cladode). of 20 females where a high grana mealybug number at 20, 40, 60 and 80 days after infestation.

**Keywords:** Opuntia; Dactylopius; Carmin.

## Resumo

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 niveles de medición y se establecieron 90 unidades experimentales, 9 tratamientos con 10 repeticiones por cada um. Os métodos avaliados para a infestação dos cladódios foram: colmos infestados; método do recipiente, método do saco de tule. Para a análise e interpretação dos resultados foi realizada uma análise de variância, obtendo-se que em casa de vegetação o método de infestação mais eficiente para a produção de cochonilha grana na Estação Experimental Tunshi, foi o método de folhas infestadas, pois produziu o melhor grau de infestação e maior abundância de cochonilha nas quatro avaliações realizadas, da mesma forma em casa de vegetação o número ideal de fêmeas por cladódio para a produção de cochonilha foi o tratamento T2 (P.I + 20 hemb/cladódio). de 20 fêmeas onde um alto número de cochonilhas grana aos 20, 40, 60 e 80 dias após a infestação.

**Palavras-chave:** Opuntia; Dactylopius; Carmin.

## 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.

## Materiales y Métodos

### Diseño de investigación y Tratamientos de estudio

Tabla 1: 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
9	A3B3	Bolsitas de Tul + 25 hembras por cladodio

Fuente: Datos de la investigación

### Factores en estudio

Tabla 2: 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

Fuente: Datos de la investigación

### Variables en estudio

Abundancia de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa)

Métodos de infestación

Número de hembras madre por cladodio de tuna (*Opuntia ficus indica*. L)

### Especificaciones del campo experimental

Descripción de la parcela experimental

N° de tratamientos: 9

N° de repeticiones: 10

***Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla  
(dactylopius coccus costa) en tuna (opuntia ficus indica l.) En invernadero.***

**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

**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.

**Análisis estadístico**

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

<b>Fuente de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad (G.L)</b>
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

Fuente: Datos de la investigación

### **Análisis funcional**

La comparación de pares de medias se realizó aplicando la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5% y el coeficiente de variación (CV) se usó para evaluar el grado de variabilidad de las mediciones.

### **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.

Según la manipulación o no de la variable independiente

La unidad experimental consistió en un cladodio, de plantas de 2 años que presentaron un óptimo estado de urgencia, libre de enfermedades fúngicas, bacteriano o viral, con un tamaño aproximado de 45 x 22 cm respectivamente.

La 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 (Latitud: 01° 44'54'' S, Longitud: 78°37'72'' W, Altura: 2710 msnm) , parroquia Licto perteneciente al cantón Riobamba. La clasificación ecológica de la zona fue: (ee - MB) estepa Espinoza Montano Bajo (Sierra, 2012). Las condiciones climatológicas fueron: Temperatura media anual: 13,4 °C; Temperatura mínima extrema: 4,6 °C; Humedad relativa anual: 83,0 %.

## **Métodos de evaluación**

### **Infestación**

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

### **Grado de Infestación**

Se diseñó la tabla para evaluar el grado de infestación que es Número 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 4: Grados de infestación

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

Fuente: Datos de la investigación

## **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.

### **Porcentaje de mortalidad**

Se contabilizó 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.

## **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, suculentos 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 2% (i.a.).

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.

## **Método de pencas infestadas**

Se utilizaron 30 pencas y se las colocó 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.

## **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 depositados los huevos de cochinilla durante los primeros 20 días para después ubicar la gasa en el tercio medio del cladodio.

## **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.

## **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.

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.

Las pencas se encontraron ubicadas 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.

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

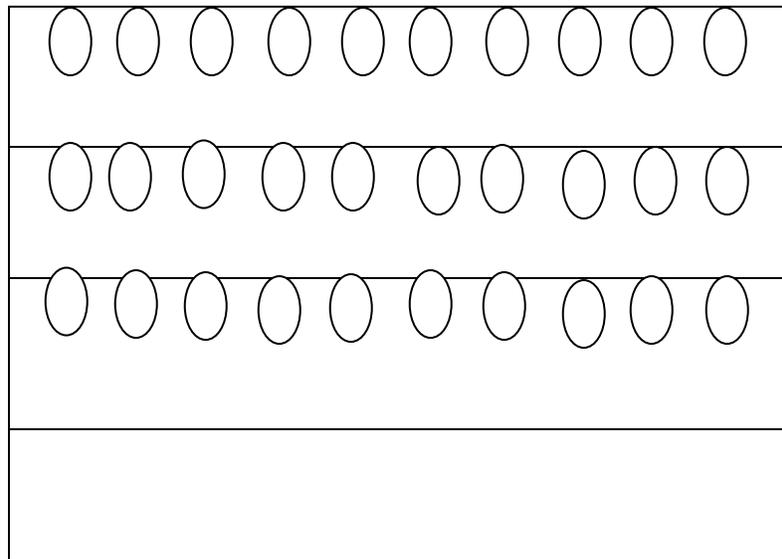


Figura 1: Vista frontal de las estanterías de los tratamientos con 10 repeticiones

Control de malezas

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

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.

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.

## **Resultados y Discusión**

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.

### **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.

Abundancia de cochinilla por cladodio

### **A los 20 días**

La Tabla 5 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%.

**Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla  
(*dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica l.*) En invernadero.**

Tabla 5: 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 <sup>NS</sup>
Error	245779,4	81	3034,31				
Total	351497,96	89					

p<sup>NS</sup> > 0,05; 0,1 < p\* ≤ 0,05; 0,05 < p\*\* ≤ 0,01

La prueba de Tukey al nivel de significancia de la 5% , mostró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de pencas infestadas con una media de 159 fue estadísticamente diferente al método del recipiente y de bolsitas de Tul con media 113 y 121 respectivamente, las mismas fueron estadísticamente iguales. Para el factor B (N° de hembras por cladodio), el número de hembras por cladodio de 15 con media 95 fue estadísticamente diferente del número de hembras de 20 y 25, mismos que fueron estadísticamente iguales.

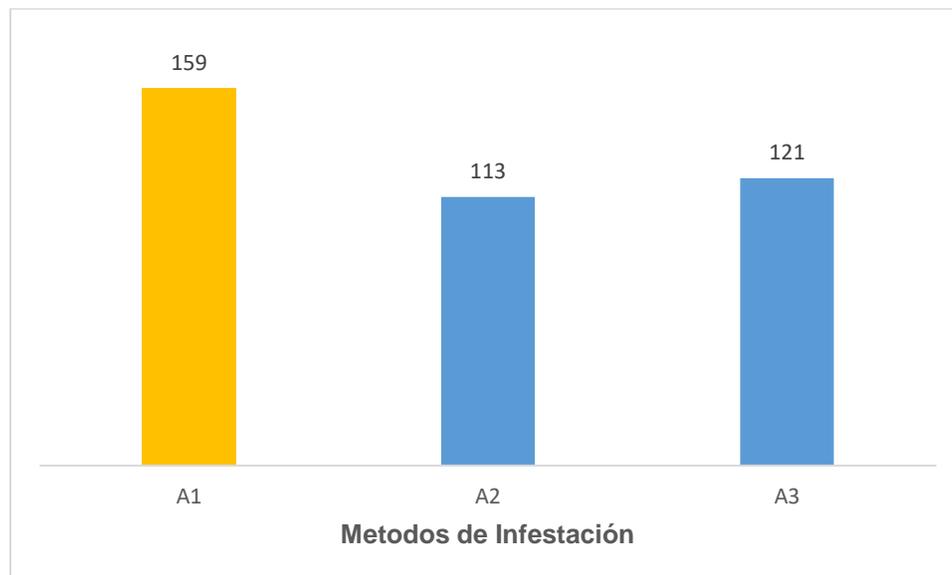


Figura 2: Abundancia por cladodio a los 20 días para el factor B

**A los 40 días**

La Tabla 6 muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 40 días, se observó que el factor A (Métodos de infestación) (p = 0,0005) presentó diferencias

altamente significativas, el factor B (N° de hembras por cladodio) y la Interacción no fue estadísticamente significativa. El coeficiente de variación fue de 43,83%.

Tabla 6: 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 <sup>NS</sup>
Error	354840,5	81	4380,75				
Total	498214,99	89					

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

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 fue estadísticamente diferente al método de las bolsitas de Tul con media 134 y el método del recipiente con media 140 siendo 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 fue 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 fueron estadísticamente iguales.

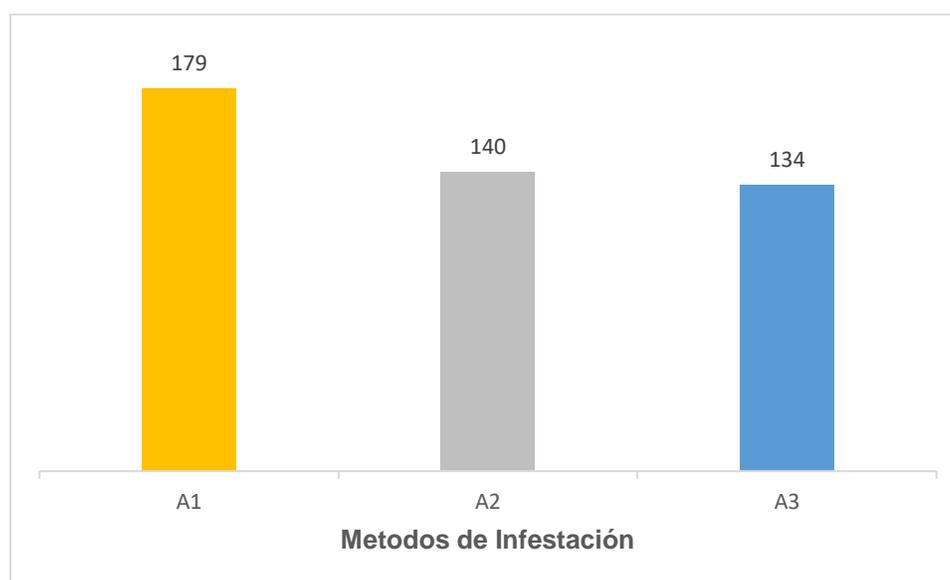


Figura 3: Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor A

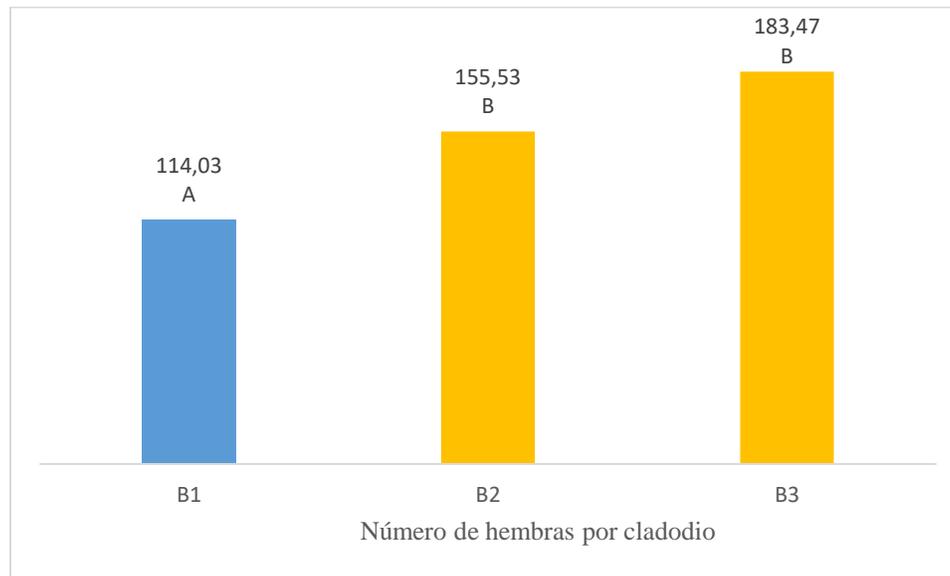


Figura 4: Abundancia por cladodio a los 40 días según el factor B

### A los 60 días

La Tabla 7 muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 60 días, se observó que el factor A (Métodos de infestación) ( $p = 0,04$ ) fue significativo y el factor B (N° de hembras por cladodio) ( $p = 0,0006$ ) fue altamente significativo, la Interacción no fue 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 fue, 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 7: 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 <sup>NS</sup>
Error	380507,5	81	4697,62				
Total	536244,32	89					

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

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

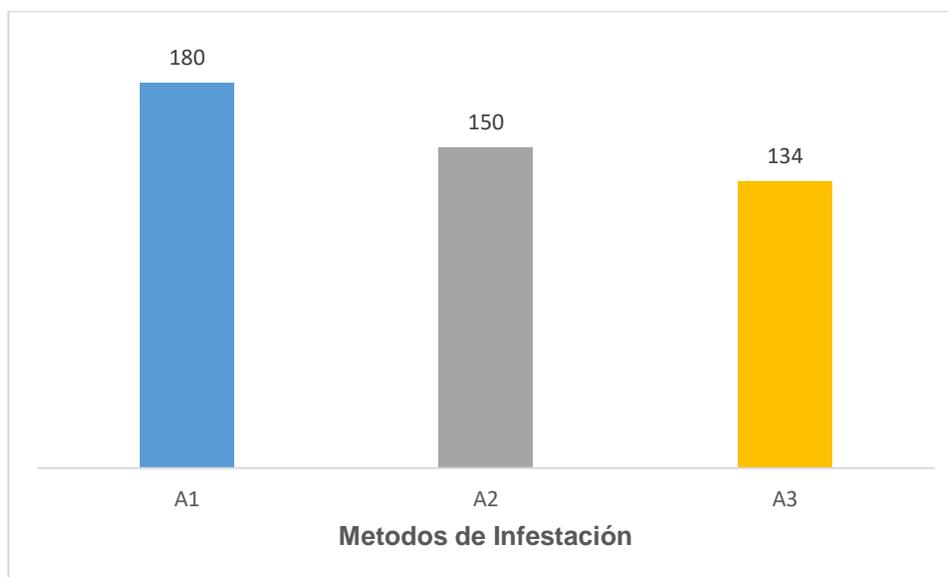


Figura 5. Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor A

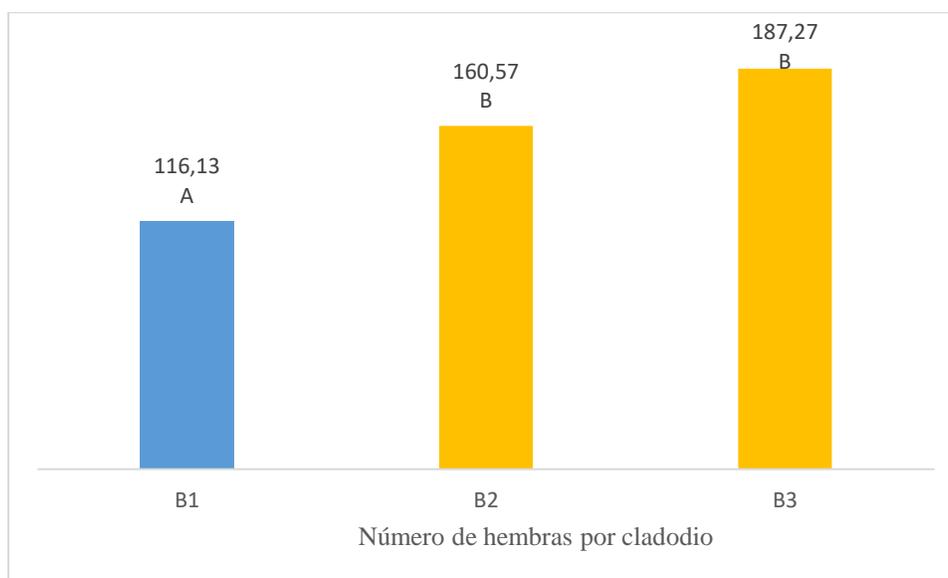


Figura 6: Abundancia de grana cochinilla a los 60 días según factor B

**A los 80 días**

La Tabla 8 muestra el análisis de varianza para la abundancia de cochinilla por cladodio a los 80 días, se observó que el factor A ( $p = 0,03$ ) y el factor B ( $p = 0,002$ ) presentando diferencias significativas, la Interacción no fue estadísticamente significativo. El coeficiente de variación fue de 45,97%.

Tabla 8: 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 <sup>NS</sup>
Error	403770,6	81	4984,82				
Total	541717,96	89					

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, mostró que para el factor A (Métodos de infestación), el método de pencas infestadas con una media de 135 fue estadísticamente diferente al método de las bolsitas de Tul y el método del recipiente fue estadísticamente igual a los antes mencionados. Para el factor B (N° de hembras por cladodio), el número de hembras de 15 con media 118 fue estadísticamente diferente del número de hembras de 25 con media 185, mismos que fueron estadísticamente iguales al número de hembras por cladodio de 20.

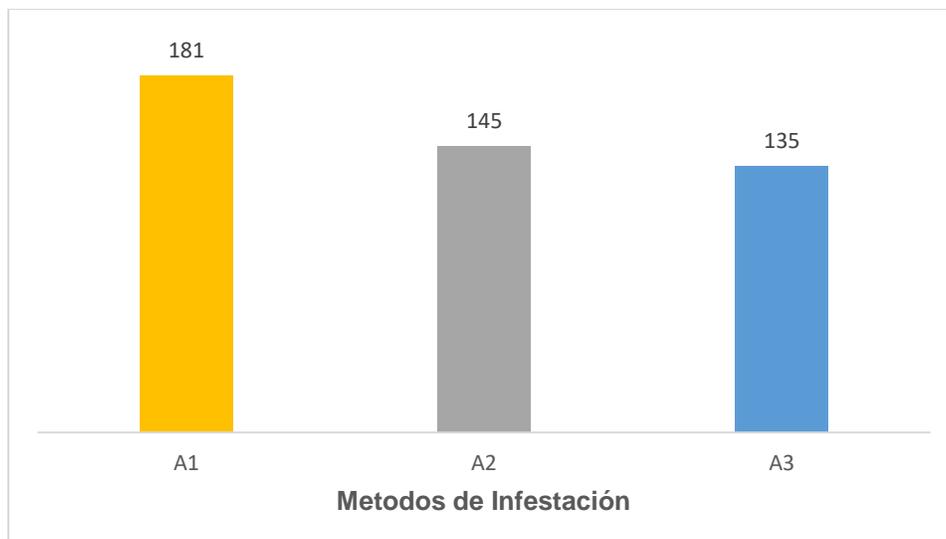


Figura 7: Abundancia por cladodio a los 80 días según factor A

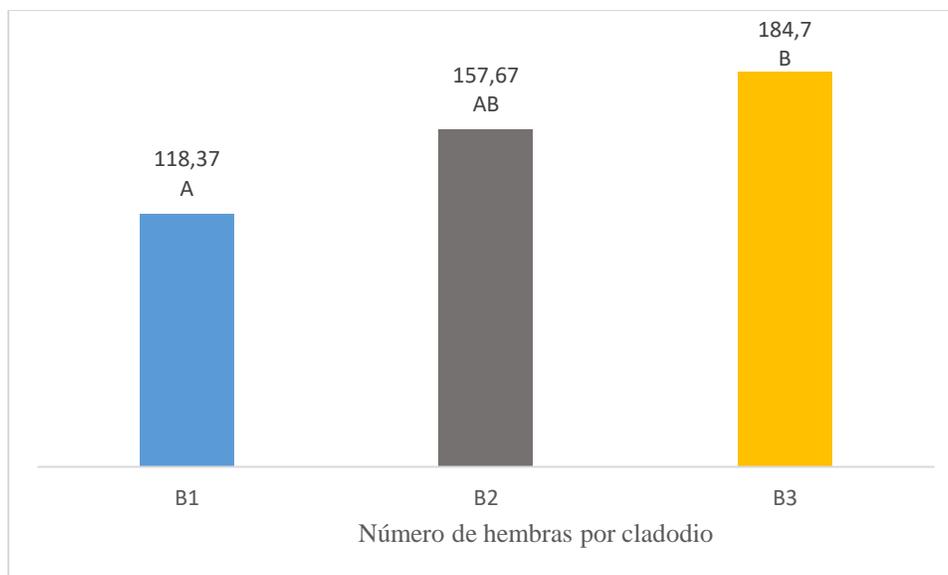


Figura 8: Abundancia de grana cochinilla a los 80 días según factor B

### Porcentaje de mortalidad

A los 30 días

La Tabla 9 indica el análisis de varianza a los 30 días para el porcentaje de mortalidad, se observó que el factor A (Métodos de infestación) ( $p = 0,04$ ) presentó diferencias significativas, el factor B (N° de hembras por cladodio) y la Interacción no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 9: 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 <sup>NS</sup>
Interacción	9,6	4	2,4	0,77	2,48	1,50	0,55 <sup>NS</sup>
Error	253,3	81	3,13				
Total	288,5	89					

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, mostró 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 fueron estadísticamente diferentes, el método del recipiente fue estadísticamente igual a los antes mencionados.

**Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla (*dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica l.*) En invernadero.**

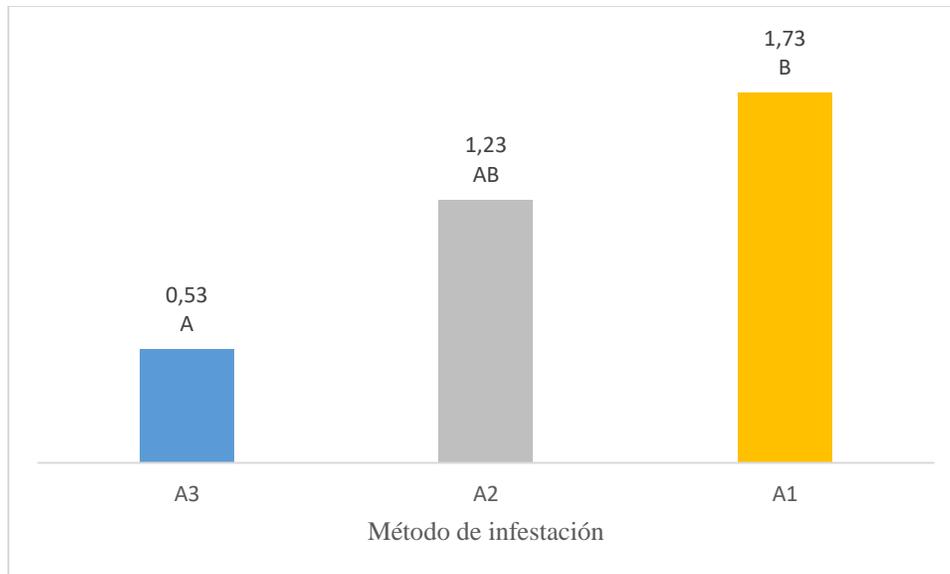


Figura 9: Porcentaje de mortalidad a los 30 días

**A los 50 días**

La Tabla 10 muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 50 días, se observó que ningún factor en estudio fue estadísticamente significativo.

Tabla 10: 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 <sup>NS</sup>
Número de hembras por cladodio	16,47	2	8,23	0,49	3,11	1,49	0,61 <sup>NS</sup>
Interacción	65,07	4	16,27	0,97	2,48	1,50	0,43 <sup>NS</sup>
Error	1352,8	81	16,7				
Total	1466,4	89					

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

**A los 70 días**

La Tabla 11 muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 70 días, se observó que ningún factor en estudio fue estadísticamente significativo.

Tabla 11: 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					

### A los 90 días

La Tabla 12 muestra el análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad a los 90 días, se observó que ningún factor en estudio fue estadísticamente significativo.

Tabla 12: 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 <sup>NS</sup>
Número de hembras por cladodio	41,69	2	20,84	0,86	3,11	1,49	0,43 <sup>NS</sup>
Interacción	122,78	4	30,69	1,26	2,48	1,50	0,29 <sup>NS</sup>
Error	1973,2	81	24,36				
Total	2175,16	89					

### Peso fresco

En la Tabla 13 se observó que el análisis de varianza para el peso fresco de la cochinilla por cladodio a los 90 días, donde el método de infestación ( $p = 0,0001$ ) presentó diferencias altamente significativas lo que quiere decir que es influyente, el número de hembras y la Interacción no fueron significativas.

Tabla 13: 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 <sup>NS</sup>
Interacción	2,02	2	1,01	1,63	2,48	1,50	0,2378 <sup>NS</sup>
Error	3,51	4	0,88	1,41			
Total	50,4	81	0,62				

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

**Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla  
(*dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica l.*) En invernadero.**

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, mostró que el método de pencas infestadas con media 9 fue estadísticamente diferente al método del recipiente y del método de las bolsitas de Tul, mismos que fueron estadísticamente iguales.

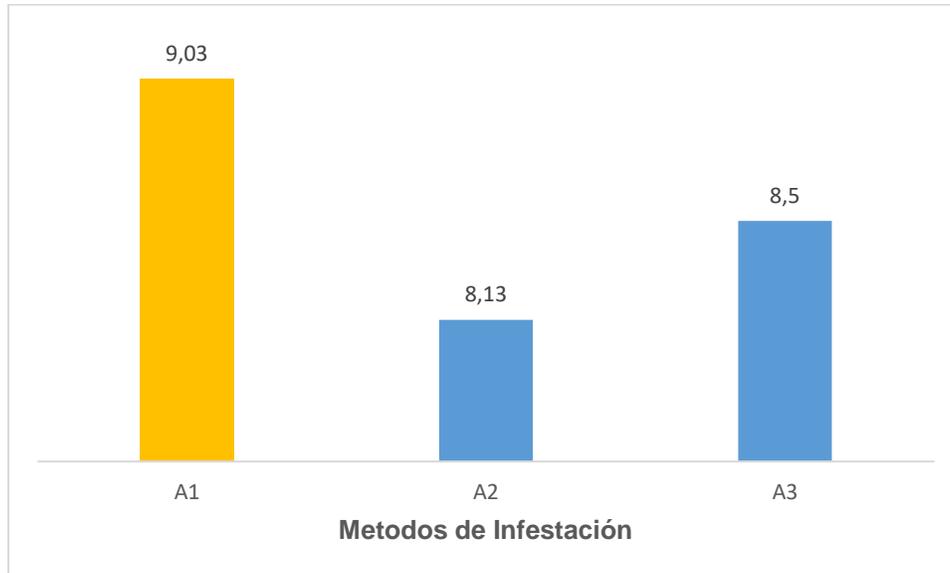


Figura 10: Peso fresco de la cochinilla a los 90 días.

**Peso seco**

En la Tabla 14 se observa el análisis de varianza para el peso seco de la cochinilla por cladodio a los 90 días, donde el método de infestación ( $p = 0,00002$ ) presentó diferencias altamente significativas lo que quiere decir que es influyente, el número de hembras y la Interacción no fueron significativas por lo tanto no son influyentes.

Tabla 14: 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 <sup>NS</sup>
Interacción	3,38	4	0,84	1,45	2,48	1,50	0,2254 <sup>NS</sup>
Error	47,2	81	0,58				
Total	66,22	89					

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

La prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, mostró que el método de pencas infestadas con media 8 fue estadísticamente diferente al método del método del recipiente y del método de las bolsitas de Tul, mismos que fueron 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%.

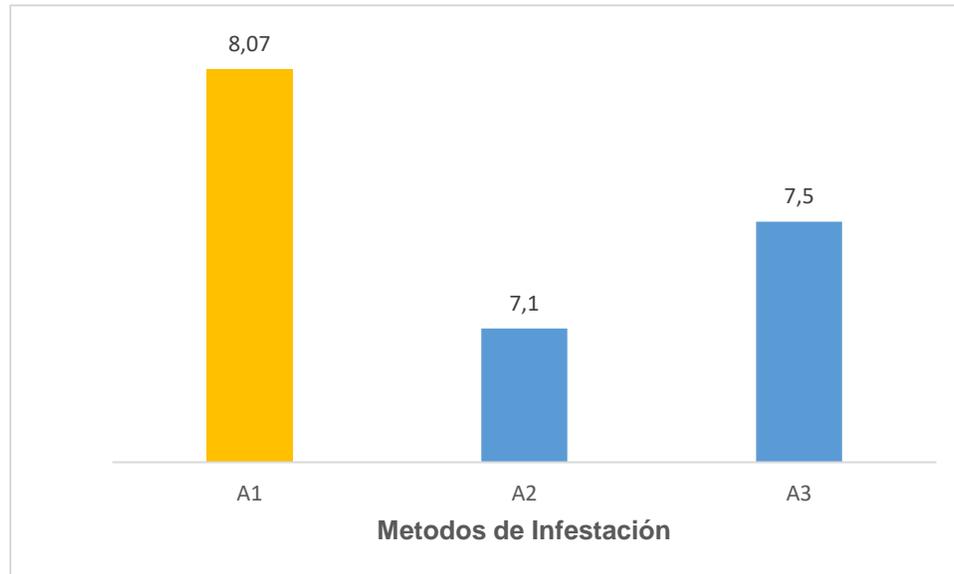


Figura 11: Peso seco de la cochinilla a los 90 días

### 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.(1988)

Tabla 15: 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

**Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla  
(*dactylopius coccus costa*) en tuna (*opuntia ficus indica l.*) En invernadero.**

<b>A3B2</b>	7	0,72	11,43	0,18	19,33
<b>A3B3</b>	7	0,96	11,43	0,18	19,57

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, 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 16: Beneficio neto de los tratamientos en estudio.

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

Se determinó el beneficio neto de los diferentes tratamientos (Tabla 17) donde se obtuvo un mejor beneficio neto de \$ 64,82 para el tratamiento T2 (Pencas infestadas + 20 hembras/cladodio), por otro lado, el tratamiento que presentó el mínimo beneficio neto de \$ 6,20 fue T7 (Recipiente + 15 hembras/cladodio).

Tabla 17: Análisis de dominancia.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>COSTOS VARIABLES (\$)</b>	<b>BENEFICIO NETO (\$)</b>	<b>DOMINANCIA</b>
<b>A1B1</b>	18,91	52,46	NO DOMINANTE
<b>A1B2</b>	19,15	64,82	NO DOMINANTE
<b>A1B3</b>	19,39	62,78	NO DOMINANTE

<b>A2B1</b>	19,34	45,30	<b>DOMINANTE</b>
<b>A2B2</b>	19,58	42,36	NO DOMINANTE
<b>A2B3</b>	19,82	54,72	NO DOMINANTE
<b>A3B1</b>	19,09	6,20	<b>DOMINANTE</b>
<b>A3B2</b>	19,33	53,66	NO DOMINANTE
<b>A3B3</b>	19,57	58,82	NO DOMINANTE

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.

## Conclusiones

En invernadero el método de infestación para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) de mejor eficacia, 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 para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) 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, y 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.

## Referencias

1. 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/>.
2. 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 Agustín de Arequipa - Peru. 2015. pp. 45-48. [Consulta: 2022-07-23]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/392>.
3. MAMANI JIHUALLANCA, Luz Maria & RAMPAS MEZA, Anny Ruth. 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\\_Anny\\_Tesis\\_bachiller\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/2781/Luz_Anny_Tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
4. MENDEZ, Guillermo. Cultivo y manejo de grana cochinilla. Producción de Grana Cochinilla. Ciudad de Mexico: Colegio de Postgraduados, 2001, pp. 69-77.
5. MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. México D.F: Olimusa Wiley S.A, 2004. p 179.
6. SIERRA, M. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 2012. Quito, Ecuador. p 8.
7. URBINA, Ana; ARROYO, Gabriela & MEDINA, Tarsicio. Grana cochinilla: Producción, 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>
8. VIGUERAS, Ana Lilia & PORTILLO, Liberato. Control de cochinilla silvestre y cría de grana cochinilla. 2014 Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología.2014. México: Litográfica Montes, pp. 62-65.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).