

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Ingeniería en agronomía para la producción sustentable

**"Evaluación de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en el cultivo de chile en Morelos"**

## **T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**Ingeniero en Agronomía para la Producción  
Sustentable**

Presenta

Yessenia Montserrat Robles Estrada

Director: Dr. Abraham Monteon Ojeda

Codirector: Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, noviembre de 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Institute of Agricultural Sciences*

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

*Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences*

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., a 12 de noviembre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Yessenia Montserrat Robles Estrada**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en el cultivo de chile en Morelos”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

**PRESIDENTE**

Dr. Jaime Pacheco Trejo

**SECRETARIO**

Dr. Benito Flores Chávez

**VOCAL 1**

Dr. Abraham Monteón Ojeda

**VOCAL 2**

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

**VOCAL 3**

Dra. Betsabel Piedragil Ocampo

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

ATENTAMENTE  
“Amor, Orden y Progreso”

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos  
Coordinador del PE de Ingeniería  
en Agronomía para la Prod. Sust



c.c.p. Archivo.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,  
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,  
México. C.P. 43775.  
Teléfono: 7717172001 Ext. 42173  
profe\_5566@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Abraham Monteon Ojeda, director de esta tesis, gracias por aceptarme como su tesista, por las opiniones acerca de este tema, la paciencia, el tiempo que me ha dedicado y el apoyo incondicional que me ha dado, Por ser una persona ejemplar y confiar en mi durante este proceso de mi formación.

Al Doctor Sergio Rubén Pérez Rios por aceptar ser el codirector de mi tesis, por el tiempo brindado, por sus opiniones acerca de el trabajo y dar críticas constructivas para mejorarlo, tener paciencia y versatilidad de horario para atenderme.

Al Doctor Jaime Pacheco Trejo por aceptar ser mi asesor de tesis, por su disposición en la formación del comité y por su valiosa aportación en la realización de este proyecto.

Al Doctor Benito Flores Chávez por formar parte de mi comité de asesoría, por el tiempo dedicado en mi trabajo de tesis para realización de este trabajo.

A la Doctora Betsabé Piedragil Ocampo por ser parte de mis asesores, brindar apoyo y tiempo para poder finalizar este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Para esas personas que han marcado mi vida, que siempre estuvieron ahí y están dispuestos a brindarme toda la ayuda necesaria si la necesito, las que me brindan aliento y esperanza para realizar todo lo que me proponga, para ustedes con mucho cariño.

Mi mayor fortaleza y guía, mi mama

María Magdalena Estrada Alfaro

Mi Hermana Dulce maría Robles Estrada

Mi novio Omar Rios peralta

Y a la persona que ya no está, pero siempre se siente cerca mi padre

Joaquín Robles Pelcastre.

## CONTENIDO

|                                                                        |                                      |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>1 RESUMEN .....</b>                                                 | <b>7</b>                             |
| <b>1.1 SUMMARY .....</b>                                               | <b>8</b>                             |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                               | <b>9</b>                             |
| <b>2.1 General .....</b>                                               | <b>9</b>                             |
| <b>2.2 Específicos .....</b>                                           | <b>9</b>                             |
| <b>3 HIPÓTESIS .....</b>                                               | <b>9</b>                             |
| <b>3.1 Hipótesis específicas .....</b>                                 | <b>9</b>                             |
| <b>4. INTRODUCCIÓN .....</b>                                           | <b>10</b>                            |
| <b>5. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                                 | <b>11</b>                            |
| <b>5.1 Importancia del cultivo de chile en México .....</b>            | <b>11</b>                            |
| <b>5.2 Características botánicas del género Capsicum .....</b>         | <b>12</b>                            |
| <b>5.3 Principales plagas y enfermedades del cultivo .....</b>         | <b>13</b>                            |
| <b>5.4 Nematodos fitoparásitos y su impacto en el cultivo .....</b>    | <b>14</b>                            |
| <b>5.5 Estrategias de manejo y biocontrol .....</b>                    | <b>15</b>                            |
| <b>6. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                   | <b>16</b>                            |
| <b>6.1 Ubicación del área de estudio .....</b>                         | <b>16</b>                            |
| <b>6.2 Establecimiento del experimento .....</b>                       | <b>16</b>                            |
| <b>6.3 Diseño experimental .....</b>                                   | <b>17</b>                            |
| <b>6.4 Evaluación de tratamientos .....</b>                            | <b>18</b>                            |
| <b>6.5 Análisis estadístico .....</b>                                  | <b>19</b>                            |
| <b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                 | <b>20</b>                            |
| <b>7.1 Evaluación previa .....</b>                                     | <b>20</b>                            |
| <b>7.2 Incidencia y severidad (primera y segunda evaluación) .....</b> | <b>21</b>                            |
| <b>7.3 Incidencia y severidad (tercera y cuarta evaluación) .....</b>  | <b>24</b>                            |
| <b>7.4 Rendimiento y calidad .....</b>                                 | <b>26</b>                            |
| <b>8 CONCLUSIONES .....</b>                                            | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9 LITERATURA CITADA .....</b>                                                  | <b>28</b> |
| <b>10 Apéndice .....</b>                                                          | <b>31</b> |
| <b>11 Registro de datos de campo .....</b>                                        | <b>31</b> |
| <b>11.1 EVALUACIÓN PREVIA (28-SEPTIEMBRE-2024) JUVENILES/CM<sup>3</sup> .....</b> | <b>32</b> |
| <b>11.2 PRIMERA EVALUACIÓN (28-OCTUBRE-2024) JUVENILES/CM<sup>3</sup> .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>11.3 SEGUNDA EVALUACIÓN (27-NOVIEMBRE-2024) JUVENILES/CM<sup>3</sup> .....</b> | <b>34</b> |
| <b>11.4 TERCERA EVALUACIÓN (27-DICIEMBRE-2024) JUVENILES/CM<sup>3</sup> .....</b> | <b>36</b> |
| <b>11.5 CUARTA EVALUACIÓN (26-ENERO-2019) JUVENILES/CM<sup>3</sup> .....</b>      | <b>40</b> |
| <b>12 Análisis estadístico .....</b>                                              | <b>44</b> |
| <b>12.1 Juveniles .....</b>                                                       | <b>44</b> |
| <b>12.3 Índice de agallamiento .....</b>                                          | <b>51</b> |
| <b>14 Productividad .....</b>                                                     | <b>57</b> |
| <b>Anexo Fotografico.....</b>                                                     | <b>63</b> |

## 1. RESUMEN

### **Evaluación de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en el cultivo de chile en Morelos**

El estudio evaluó la eficacia de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el control del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en chile (*Capsicum annuum* L.) tipo criollo bajo agricultura protegida en Morelos, México. Se probaron cuatro dosis de *Bacillus methylotrophicus* (500–2000 mL·ha<sup>-1</sup>) y una mezcla de *Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus* (4 kg·ha<sup>-1</sup>) frente a un testigo sin aplicación, en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron cuatro aplicaciones mediante riego localizado y se evaluaron a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante (DDT). Los tratamientos redujeron significativamente la densidad de juveniles en el suelo y el índice de agallamiento radicular, con eficacias de 28 a 70 %, siendo T3 (*B. methylotrophicus*, 1.5 L·ha<sup>-1</sup>) y T5 (*P. lilacinus* + *B. firmus*, 4 kg·ha<sup>-1</sup>) los más efectivos. No se observaron efectos fitotóxicos y el rendimiento del cultivo aumentó en más del 23 %, sin afectar la calidad de los frutos. Estos resultados respaldan el uso de biocontroladores nativos como alternativa sostenible para reducir nematocidas químicos y mejorar la productividad en sistemas de manejo agroecológico.

**Palabras clave:** Biocontroladores, hongos micorrízicos, fitopatógenos, manejo agroecológico, rizobacterias.

## 1.1 SUMMARY

### **Evaluation of *Bacillus* spp. and *Paecilomyces* sp. in the management of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in chili crops in Morelos**

This study evaluated the efficacy of *Bacillus* spp. and *Paecilomyces* sp. in controlling root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in Creole chili peppers (*Capsicum annuum* L.) under protected agriculture in Morelos, Mexico. Four doses of *Bacillus methylotrophicus* (500–2000 mL ha<sup>-1</sup>) and a mixture of *Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus* (4 kg ha<sup>-1</sup>) were tested against a no-application control in a completely randomized block design with four replicates. Four applications were made by localized irrigation and evaluated at 30, 60, 90, and 120 days after transplant (DAT). The treatments significantly reduced soil juvenile density and root gall index, with efficacies ranging from 28 to 70%, with T3 (*B. methylotrophicus*, 1.5 L ha<sup>-1</sup>) and T5 (*P. lilacinus* + *B. firmus*, 4 kg ha<sup>-1</sup>) being the most effective. No phytotoxic effects were observed, and crop yield increased by over 23%, without affecting fruit quality. These results support the use of native biocontrollers as a sustainable alternative to reduce chemical nematicides and improve productivity in agroecological management systems.

**Keywords:** Biocontrollers, mycorrhizal fungi, phytopathogens, agroecological management, rhizobacteria.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

evaluar la efectividad biológica de productos formulados a base de *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus firmus* y del hongo micorrízico *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de chile.

### 2.2 Específicos

- Comparar la efectividad biológica del nematocida ecológico y la de un producto registrado de uso común en la región para el manejo del nemátodo agallador.
- Evaluar el posible efecto fitotóxico del nematocida agroecológico sobre plantas de pepino.

## 3. HIPÓTESIS

El uso de biocontroladores *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus firmus* y *Paecilomyces lilacinus* reduce significativamente la población del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) y el índice de agallamiento radicular en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.), incrementando el rendimiento y sin causar efectos fitotóxicos en las plantas.

### 3.1 Hipótesis específicas

1. Las aplicaciones de *Bacillus methylotrophicus* en diferentes dosis presentan eficacia diferencial en la reducción de juveniles de *M. incognita* en suelo y raíces.
2. La combinación de *Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus* es más efectiva en el control del nemátodo que las aplicaciones individuales de *Bacillus methylotrophicus*.
3. Los tratamientos biológicos incrementan el rendimiento del cultivo de chile sin generar síntomas de fitotoxicidad ni afectar la calidad de los frutos.

#### 4. INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanaceae e incluye más de 30 especies, entre las cuales destacan *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. pubescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. assamicum* (Alcalá-Rico et al., 2023; Pérez-Martínez et al., 2022). Estas especies se cuentan entre las plantas domesticadas más antiguas de México y Mesoamérica, donde el chile (*C. annuum* L.) ha tenido un papel fundamental en la alimentación, la cultura y la economía. Actualmente, el chile es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica y social en México, tanto para el consumo interno como para la exportación (Long-Solís, 2012). Se cultivan más de 150 mil hectáreas, con una producción superior a 3.5 millones de toneladas anuales y un valor estimado de 39 mil millones de pesos (SIAP, 2025).

El cultivo enfrenta diversas limitantes fitosanitarias que afectan su rendimiento y calidad. Entre las principales plagas destacan el minador de la hoja (*Liriomyza* sp.), la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el gusano barrenador del fruto (*Helicoverpa zea*), el gusano soldado (*Spodoptera exigua*), el gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella*) y el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*). Asimismo, se presentan enfermedades causadas por hongos y oomicetos como la cenicilla (*Leveillula taurica*), el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el tizón temprano (*Alternaria solani*) y la marchitez del chile (*Phytophthora capsici*) (Guigón-López & González-González, 2001; 2007; Mex et al., 2020; Velásquez-Valle et al., 2001).

Entre los principales patógenos del suelo, los nemátodos fitoparásitos constituyen un problema creciente en las zonas productoras, siendo los más importantes el nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) y el falso agallador (*Nacobbus aberrans*) (Herrera-Parra et al., 2011). *M. incognita* causa pérdidas globales estimadas en más de 100 mil millones de dólares anuales (Bartlem et al., 2014). Los síntomas incluyen clorosis foliar, defoliación y marchitez; en las raíces se observan agallas de tamaño variable producto de hipertrofia e hiperplasia celular. La infección altera la síntesis de proteínas asociadas a la formación de agallas, interrumpe los reguladores de crecimiento vegetal y desorganiza el tejido vascular, reduciendo significativamente el desarrollo y rendimiento de las plantas (Coyne et al., 2007; Medina-Canales et al., 2011; Navarrete-Mapen et al., 2020).

El manejo tradicional de nemátodos se ha basado principalmente en el uso de nematicidas químicos, cuya aplicación intensiva ha provocado efectos negativos sobre el ambiente, la salud humana y la biota del suelo, además de favorecer la aparición de resistencia en las poblaciones de nemátodos (Calvo-Araya & Zapata-Montes, 2020; Chi et al., 2018).

En este contexto, el empleo de agentes biológicos representa una alternativa sostenible y segura para el manejo integrado de nemátodos (Chi et al., 2018). Rizobacterias del género *Bacillus* se destacan por colonizar la rizosfera, inducir resistencia sistémica en las plantas y producir metabolitos con efecto nematicida o nematostático (Calvo-Araya & Zapata-Montes, 2020; Fernández-Santillán et al., 2016; Pérez-Rodríguez et al., 2011). Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad biológica de productos .

## 5. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Importancia del cultivo de chile en México

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica, social y cultural en México. Su domesticación se remonta a más de seis mil años, y desde entonces ha sido un elemento esencial en la alimentación y gastronomía nacional. Además de su valor cultural, representa una fuente significativa de ingresos para los productores, ya que México ocupa los primeros lugares a nivel mundial en superficie cultivada, producción y exportación de chiles frescos y secos (SIAP, 2025).

Actualmente, se cultivan más de 150 000 hectáreas, con una producción anual superior a 3.5 millones de toneladas, lo que genera un valor económico estimado en 39 mil millones de pesos. La diversidad de especies y variedades cultivadas, adaptadas a distintas regiones agroecológicas, permite un abastecimiento constante para el consumo interno y la exportación, consolidando al chile como uno de los pilares del sector hortícola mexicano.



Imagen 1: Variedades de chile en México el antes y después. (Esteban Gómez Belmont)

## 5.2 Características botánicas del género *Capsicum*

El género *Capsicum* pertenece a la familia *Solanaceae* y comprende alrededor de 30 especies reconocidas, de las cuales cinco son las más cultivadas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (Pérez-Martínez et al., 2022; Alcalá-Rico et al., 2023). Estas especies presentan una notable diversidad morfológica en cuanto a tamaño, forma, color y pungencia del fruto, lo que ha permitido su aprovechamiento tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica.

El fruto del chile se caracteriza por ser una baya hueca, con placentas donde se alojan las semillas; su coloración varía del verde al rojo o amarillo según la madurez. Además de sus propiedades organolépticas, el chile es fuente de vitaminas A y C, minerales y compuestos bioactivos como los capsaicinoides, responsables del sabor picante y de efectos benéficos para la salud humana, incluyendo propiedades antioxidantes y antimicrobianas.



Imagen 2: Anatomía de el chile (Chileplanet) Imagen 3: Anatomía de el chile flor (Chileplanet)

### 5.3 Principales plagas y enfermedades del cultivo

La productividad del chile se ve amenazada por una amplia gama de plagas y enfermedades que afectan tanto la parte aérea como las raíces. Entre las plagas más comunes se encuentran el minador de la hoja (*Liriomyza spp.*), la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el gusano barrenador del fruto (*Helicoverpa zea*), el gusano soldado (*Spodoptera exigua*), el gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella*) y el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*).

A estas se suman diversas enfermedades de origen fúngico, bacteriano y viral que comprometen la calidad y cantidad del fruto. Entre las enfermedades más importantes se encuentran la cenicilla (*Leveillula taurica*), el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el tizón temprano (*Alternaria solani*), la marchitez del chile (*Phytophthora capsici*) y diversas virosis que afectan la productividad (Guigón-López & González-González, 2001; Mex et al., 2020; Velásquez-Valle et al., 2001).

Estas problemáticas se agravan en sistemas de monocultivo y bajo condiciones de alta humedad o temperatura, donde los patógenos encuentran ambientes favorables para su desarrollo.

#### 5.4 Nematodos fitoparásitos y su impacto en el cultivo

Entre los patógenos del suelo, los nematodos fitoparásitos constituyen un grupo de gran importancia económica debido a las pérdidas que ocasionan en la mayoría de los cultivos hortícolas. Los géneros *Meloidogyne* y *Nacobbus* se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas productoras de Chile en México y América Latina (Herrera-Parra et al., 2011).

El nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) se considera una de las especies más destructivas a nivel mundial, con pérdidas económicas estimadas en más de 100 mil millones de dólares anuales (Bartlem et al., 2014). Este organismo penetra las raíces del hospedante, donde induce la formación de células gigantes que interrumpen el flujo de agua y nutrientes. Las plantas afectadas presentan síntomas como clorosis foliar, marchitez, reducción del crecimiento, deformaciones radiculares y disminución del rendimiento (Coyne et al., 2007; Medina-Canales et al., 2011).

El daño fisiológico también altera la síntesis de proteínas asociadas al crecimiento y activa mecanismos de defensa que conllevan un alto gasto energético para la planta (Navarrete-Mapen et al., 2020). En consecuencia, los nematodos del género *Meloidogyne* representan un serio desafío para la agricultura protegida y a cielo abierto.

## 5.5 Estrategias de manejo y biocontrol

Tradicionalmente, el manejo de nematodos se ha basado en la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y la aplicación de nematicidas químicos. Sin embargo, el uso prolongado de productos sintéticos ha generado problemas de contaminación ambiental, toxicidad para organismos benéficos y desarrollo de resistencia en los nematodos (Calvo-Araya & Zapata-Montes, 2020; Chi et al., 2018).

Ante esta problemática, los métodos de control biológico han adquirido relevancia como una alternativa sostenible y compatible con los principios de la agricultura ecológica. Los microorganismos antagonistas actúan por diversos mecanismos, entre ellos la competencia por espacio y nutrientes, la producción de enzimas hidrolíticas, antibióticos, compuestos volátiles o metabolitos secundarios con actividad nematicida.

Entre las rizobacterias más estudiadas se encuentran las del género *Bacillus*, destacando *Bacillus firmus* y *Bacillus methylotrophicus*, las cuales han demostrado capacidad para reducir la población de nematodos y promover el crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas y la solubilización de nutrientes (Fernández-Santillán et al., 2016; Pérez-Rodríguez et al., 2011).

Asimismo, los hongos nematófagos, como *Paecilomyces lilacinus*, han mostrado eficacia en el control biológico de *Meloidogyne incognita*, gracias a su capacidad para parasitar huevos y juveniles, liberando enzimas como quitinasas y proteasas que degradan la cutícula del nematodo.

Diversos estudios reportan que la integración de bacterias y hongos biocontroladores en programas de manejo integrado permite reducir las poblaciones de nematodos y mejorar la sanidad del suelo, con efectos positivos en el desarrollo radicular y el rendimiento de los cultivos. Estas estrategias no solo reducen la dependencia de nematicidas químicos, sino que también contribuyen a la conservación de la biodiversidad microbiana y a la sostenibilidad de los agroecosistemas.

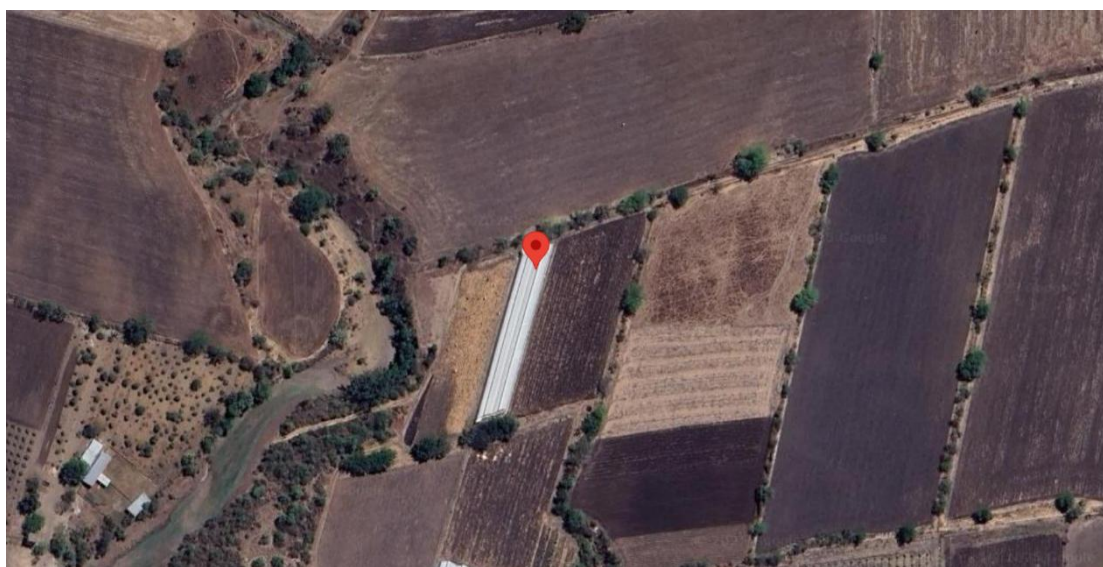
## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2024 en el campo “La Esperanza”, municipio de Jantetelco, Morelos, México ( $18^{\circ}41'31.5''\text{N}$   $98^{\circ}45'54.2''\text{W}$  o  $18.692083, -98.765056$ ; 1360 msnm) (Figura 1). La región presenta un clima subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media máxima de  $24^{\circ}\text{C}$  y mínima de  $11^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 15\%$  y vientos menores a  $6.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  la mayor parte del año (SMN, 2025).

### 6.2 Establecimiento del experimento

El ensayo se realizó bajo agricultura protegida, en un invernadero cubierto con polietileno blanco lechoso de calibre 720 con protección UV. Se trasplantaron plantas de chile (*C. annuum*) variedad criolla de 45 días de edad sobre camas acolchadas blancas en doble hilera, con cintilla de riego por goteo calibre 8,000 y un gasto aproximado de  $1.5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ . La distancia entre plantas fue de aproximadamente 40 cm. El invernadero presentaba un historial de infestación por nemátodos fitopatógenos. Las prácticas agronómicas (riego, fertilización, manejo del desarrollo, etc.) se mantuvieron uniformes en todas las unidades experimentales (UE) para garantizar condiciones homogéneas.



**Figura 1.** Imagen satelital del sitio experimental.



### 6.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 24 UE. Cada UE consistió en una cama de 1 m de ancho por 25 m de largo (25 m<sup>2</sup>) con aproximadamente 120 plantas, dando una superficie experimental total de 600 m<sup>2</sup>. Los tratamientos evaluados fueron: T1. Formulación en suspensión concentrada (SC) de *Bacillus methylotrophicus* cepa nativa equivalente a 151.98 g\*L<sup>-1</sup> con un contenido de 1X10<sup>9</sup> UFC\*mL<sup>-1</sup> a una dosis de 0.5 L\*ha<sup>-1</sup>; T2. La misma formulación de *Bacillus methylotrophicus* a dosis de 1.0 L\*ha<sup>-1</sup>; T3. *Bacillus methylotrophicus* a dosis de 1.5 L\*ha<sup>-1</sup>; T4. *Bacillus methylotrophicus* a dosis de 2.0 L\*ha<sup>-1</sup>; T5. Formulación en polvo humectable (WP) de una mezcla de *Paecilomyces lilacinus* (Equivalente a 34 g\*Kg<sup>-1</sup>, con un contenido de 3.0 X10<sup>9</sup> UFC/g) y *Bacillus firmus* (Equivalente a 26 g\*Kg<sup>-1</sup>, con un contenido de 5.0 X10<sup>8</sup> UFC/g) a una dosis de 4 kg\* ha<sup>-1</sup> y finalmente T6. Testigo o control sin aplicación. La aleatorización se realizó mediante el procedimiento “design.ab” del programa estadístico R® para Windows®.

Se realizaron cuatro aplicaciones de los tratamientos: la primera al momento del trasplante y las siguientes cada 30 días. Las aplicaciones se efectuaron mediante el sistema de riego por goteo (fertirriego), dirigiendo la primera al suelo durante el trasplante. Entre las unidades experimentales se dejaron tres surcos sin aplicar como barrera para evitar la deriva entre tratamientos. El volumen total de agua utilizado fue de 4103 L\*ha<sup>-1</sup>.

#### 6.4 Evaluación de tratamientos

Se realizó una evaluación inicial antes de la aplicación y posteriormente a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante (DDT). Se cuantificaron juveniles de *M. incognita* por cm<sup>3</sup> de suelo. En cada UE se tomó una muestra compuesta (1.0 kg de suelo) obtenida de cinco submuestras a 15–20 cm de profundidad en la rizósfera. Las muestras se etiquetaron y transportaron en frío al laboratorio. El número de juveniles se determinó mediante la técnica de tamizado-centrifugado, utilizando tamices de 400 y 500 mallas.

Además, se determinó el índice de agallamiento en las raíces del cultivo después de la aplicación de los tratamientos. Para ello, en cada parcela útil se seleccionaron al azar cinco plantas, evaluadas de acuerdo con la escala de Taylor y Sasser (1978), que se muestra a continuación.

| Clase | Descripción de daño |
|-------|---------------------|
| 0     | Cero agallas        |
| 1     | 1-2 agallas         |
| 2     | 3-10 agallas        |
| 3     | 11-30 agallas       |
| 4     | 31-100 agallas      |
| 5     | >100 agallas        |

Adicionalmente, se registraron datos de rendimiento y longitud de frutos (cm) para evaluar la cantidad y calidad de la cosecha. La producción se contabilizó por planta a los 120 días después del trasplante (DDT). El rendimiento se estimó a partir de cuatro plantas seleccionadas al azar por unidad experimental. En cuanto a la calidad, se midió la longitud (cm) de cinco frutos representativos por planta utilizando un vernier digital.

Finalmente, se evaluaron los posibles efectos fitotóxicos de las formulaciones sobre el cultivo. Para ello, se determinó el porcentaje de fitotoxicidad considerando síntomas como cambios de color, necrosis y deformaciones en hojas o frutos. Los resultados se compararon con base en la escala propuesta por la *European Weed Research Society* (EWRS), que se presenta a continuación:

| Valor puntual | Efecto sobre el cultivo           | % de fitotoxicidad al cultivo |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1             | Sin efecto                        | 0                             |
| 2             | Síntomas muy ligeros              | 1.0 - 3.5                     |
| 3             | Síntomas ligeros                  | 3.5 - 7.0                     |
| 4             | Síntomas sin daños en rendimiento | 7.0 - 12.5                    |
| 5             | Daño medio                        | 12.5 – 20                     |
| 6             | Daños elevados                    | 20 – 30                       |
| 7             | Daños muy elevados                | 30 – 50                       |
| 8             | Daños severos                     | 50 – 99                       |
| 9             | Muerte completa                   | 100                           |

## 6.5 Análisis estadístico

Obtenidas las evaluaciones de juveniles·cm<sup>-3</sup>, índice de agallamiento, calidad de frutos (longitud en cm), rendimiento (g/planta) y efectos fitotóxicos, se calculó la eficacia de cada tratamiento mediante la fórmula de Abbott (1925):

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{(IT - it)}{IT} \times 100$$

donde *IT* es la densidad de juveniles·cm<sup>-3</sup>, el valor del índice de agallamiento, longitud de frutos o fitotoxicidad en el testigo, e *it* corresponde a los valores de cada tratamiento.

Con los datos de supervivencia y eficacia por unidad experimental se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene) y normalidad (Shapiro–Wilk). El supuesto de independencia se aseguró mediante la aleatorización de los tratamientos en las unidades experimentales. Posteriormente, se efectuó un análisis de varianza (ANAVA) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los análisis se realizaron con el programa SAS v.9.3 (SAS Institute Inc., 2008) para Windows. Además, se efectuó un ANAVA independiente para cada evaluación (Hernández-Castro et al., 2022).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Evaluación previa

La infestación inicial registrada en el sitio experimental al momento de la instalación del estudio osciló entre 483.5 y 500 juveniles·cm<sup>-3</sup> por unidad experimental. La prueba de comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) no mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo que confirma la homogeneidad en la distribución del nemátodo en el área experimental. En cuanto al índice de agallamiento, no se realizó una evaluación previa, ya que el manejo sanitario aplicado durante la siembra y la producción de plántulas en almácigo permitió mantener un 0 % de agallamiento inicial (Cuadro 1). Estudios previos han reportado resultados coincidentes respecto al potencial de control biológico de *Bacillus* spp. frente a *Meloidogyne incognita*. Por ejemplo, Xiong et al. (2015) demostraron que cepas marinas de *Bacillus firmus* presentaron una marcada actividad nematocida sistémica, evidenciada por la inhibición de la eclosión de huevos, la reducción de la motilidad y la mortalidad de juveniles. Además, en ensayos con plantas de tomate, dichas cepas redujeron significativamente el agallamiento, la formación de masas de huevos en raíces y la población final de nematodos en el suelo. Estos resultados respaldan el enfoque biológico del presente estudio, en el cual se busca aprovechar la capacidad de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. para disminuir la presión de nemátodos fitopatógenos en campo.

**Cuadro 1.** Promedio de individuos (juveniles·cm<sup>-3</sup>) durante la evaluación previa del estudio de eficacia de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*M. incognita*) en el cultivo de chile cv. criolla en Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                                | dosis                  | Individuos vivos (juveniles·cm <sup>-3</sup> ) |
|------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>                       | 0.5 L·ha <sup>-1</sup> | 496.00 a*                                      |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.0 L·ha <sup>-1</sup> | 489.75 a                                       |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.5 L·ha <sup>-1</sup> | 484.25 a                                       |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 2.0 L·ha <sup>-1</sup> | 483.50 a                                       |
| T5. <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4 kg·ha <sup>-1</sup>  | 500.00 a                                       |
| T6. Testigo sin aplicación                                 | NA                     | 497.50 a                                       |
| PR>F                                                       |                        | 0.99                                           |
| Levene's Test                                              |                        | 0.25                                           |

\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## 7.2 Incidencia y severidad (primera y segunda evaluación)

Durante la primera evaluación, realizada a los 30 DDT, se observó que en el testigo sin aplicación los niveles de infestación en el suelo se mantuvieron similares a los registrados en la evaluación previa. En los tratamientos con aplicación, el promedio de juveniles·cm<sup>-3</sup> osciló entre 366 y 385, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos (prueba de Tukey,  $\alpha=0.05$ ). Las eficacias obtenidas variaron entre 28 y 32%. A los 60 DDT, la densidad de juveniles en el suelo mostró una tendencia descendente conforme aumentó la dosis aplicada. En esta evaluación se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Las menores densidades de juveniles se registraron en T3 (*Bacillus methylotrophicus*, 1.5 L·ha<sup>-1</sup>) y T5 (*Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus*, 4 kg·ha<sup>-1</sup>), con eficacias que oscilaron entre 40 y 56% (Cuadro 2). Resultados semejantes fueron reportados por El-Nagdi et al. (2019), quienes observaron que diversas cepas de *Bacillus* spp. redujeron significativamente la densidad de juveniles (J2) en el suelo, así como la formación de agallas y masas de huevos en raíces de berenjena. Además, estos autores destacaron que los tratamientos biológicos incrementaron notablemente los parámetros de crecimiento vegetal en comparación con los testigos. De igual manera, Perveen y Shahzad (2013) reportaron que tres especies de *Paecilomyces* (*P. variotii*, *P. lilacinus* y *P. fumosoroseus*) ejercieron distintos niveles de control sobre *M. incognita*, al inhibir la eclosión de huevos, reducir la densidad de juveniles y disminuir el número de agallas en frijol mungo (*Vigna radiata*). Los autores también observaron incrementos en el peso seco de brotes y raíces, tanto en condiciones *in vitro* como *in vivo*, lo que fortalece la efectividad de los agentes de biocontrol.

**Cuadro 2.** Promedio de individuos (juveniles·cm<sup>-3</sup>) y porcentaje de eficacia durante la primera y segunda evaluación de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en chile cv. Criolla, Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                                | Dosis                  | Juveniles·cm <sup>-3</sup><br>30 DDT | Eficacia<br>30 DDT<br>(%) | Juveniles·cm <sup>-3</sup><br>60 DDT | Eficacia<br>60 DDT<br>(%) |
|------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>                       | 0.5 L·ha <sup>-1</sup> | 385.75 b*                            | 28.50                     | 315.25 b                             | 39.17                     |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.0 L·ha <sup>-1</sup> | 370.75 b                             | 31.28                     | 310.25 b                             | 40.14                     |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.5 L·ha <sup>-1</sup> | 377.00 b                             | 30.12                     | 242.75 c                             | 53.16                     |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 2.0 L·ha <sup>-1</sup> | 370.00 b                             | 31.42                     | 261.25 cb                            | 49.59                     |
| T5. <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4 kg·ha <sup>-1</sup>  | 366.25 b                             | 32.11                     | 230.00 c                             | 55.62                     |
| T6. Testigo sin aplicación                                 | NA                     | 539.50 a                             | 0.00                      | 518.25 a                             | 0.00                      |
| PR>F                                                       |                        | <.0001                               |                           | <.0001                               |                           |
| Levene's Test                                              |                        | 0.4067                               |                           | 0.1417                               |                           |

\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto al índice de agallamiento, considerado un indicador de severidad del daño, se observó una reducción significativa desde la primera evaluación (30 DDT). El tratamiento T3 (*Bacillus methylotrophicus*, 1.5 L·ha<sup>-1</sup>) presentó el valor más bajo en la escala de Taylor y Sasser (1978), con un promedio de 1.6 y una eficacia del 66%. No obstante, todos los tratamientos mostraron una alta efectividad en la reducción de síntomas. A los 60 DDT, el índice de agallamiento aumentó ligeramente en comparación con la primera evaluación; sin embargo, respecto al testigo sin aplicación, las eficacias se mantuvieron elevadas, con valores entre 60 y 64%, diferencias estadísticamente significativas atribuibles al efecto de los tratamientos biológicos (Cuadro 3). Resultados coincidentes fueron reportados por Habazar et al. (2021), quienes evaluaron la eficacia de ocho cepas de *Bacillus* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp. y su influencia en el crecimiento y rendimiento de plantas de tomate. Los autores observaron que la inoculación de *Bacillus* spp. en semillas y plántulas redujo significativamente el número de agallas, masas de huevos y densidad de nematodos en el suelo. Además, reportaron una mejora general en el crecimiento y rendimiento del tomate, lo cual confirma el potencial de estas bacterias como agentes de biocontrol con efectos bioestimulantes, lo que sugiere una posible acción persistente de metabolitos y enzimas asociadas a microorganismos en la rizosfera.

**Cuadro 3.** Promedio del índice de agallamiento (severidad) y porcentaje de eficacia durante la primera y segunda evaluación de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en chile cv. Criolla, Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                                | Dosis                  | Índice de agallamiento 30 DDT | Eficacia 30 DDT (%) | Índice de agallamiento 60 DDT | Eficacia 60 DDT (%) |
|------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>                       | 0.5 L·ha <sup>-1</sup> | 2.2 b                         | 52                  | 2.00 b                        | 60                  |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.0 L·ha <sup>-1</sup> | 1.7 cb                        | 64                  | 2.00 b                        | 60                  |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.5 L·ha <sup>-1</sup> | 1.6 c                         | 66                  | 1.80 b                        | 64                  |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 2.0 L·ha <sup>-1</sup> | 1.7 cb                        | 64                  | 2.00 b                        | 60                  |
| T5. <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4 kg·ha <sup>-1</sup>  | 1.7 cb                        | 63                  | 2.05 b                        | 59                  |
| T6. Testigo sin aplicación                                 | NA                     | 4.6 a                         | 0                   | 4.95 a                        | 0                   |
| PR>F                                                       |                        | <.0001                        |                     | <.0001                        |                     |
| Levene's Test                                              |                        | 0.1033                        |                     | 0.1514                        |                     |

\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### 7.3 Incidencia y severidad (tercera y cuarta evaluación)

Durante las evaluaciones finales, realizadas a los 90 y 120 DDT, se observó una reducción sustancial en la densidad de juveniles en el suelo de las unidades experimentales. Las eficacias alcanzaron valores de entre 55 y 59% en la tercera evaluación, y de 56 a 66% en la cuarta. En ambas fechas, todos los tratamientos presentaron una efectividad estadísticamente similar en el control de la infestación por el nemátodo agallador, así como en la reducción de los síntomas en raíces. Resultados análogos fueron reportados por Chinheya et al. (2017), quienes evaluaron el potencial de biocontrol de aislados de *Bacillus* spp. en soya mediante experimentos de laboratorio e invernadero. Los autores observaron que las cepas probadas causaron mortalidades de juveniles de segundo estadio (J2) entre 50 y 100 % in vitro, a las 3–24 horas de exposición. Asimismo, el tratamiento de semillas con los aislados de *Bacillus* redujo significativamente el número de agallas y masas de huevos en las raíces, además de incrementar el peso de brotes, en comparación con el control sin aplicación; lo anterior sugiere que los microorganismos aplicados podrían establecerse en la rizosfera, ejerciendo un efecto de control prolongado a través de la producción continua de enzimas hidrolíticas (quitinasas, proteasas) y metabolitos secundarios nematicidas, que inhiben la eclosión de huevos y reducen la movilidad de los juveniles (Xia et al., 2011).

**Cuadro 4.** Promedio de individuos (juveniles·cm<sup>-3</sup>) y porcentaje de eficacia durante la tercera y cuarta evaluación de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en chile cv. Criolla, Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                                | Dosis                     | Juveniles·cm <sup>-3</sup><br>90 DDT | Eficacia<br>90 DDT<br>(%) | Juveniles·cm <sup>-3</sup><br>120 DDT | Eficacia<br>120 DDT<br>(%) |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>                       | 0.5<br>L·ha <sup>-1</sup> | 246.50 b                             | 55.36                     | 269.25 b                              | 56.99                      |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.0<br>L·ha <sup>-1</sup> | 234.50 b                             | 57.54                     | 272.50 b                              | 56.47                      |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.5<br>L·ha <sup>-1</sup> | 225.00 b                             | 59.26                     | 211.75 b                              | 66.17                      |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 2.0<br>L·ha <sup>-1</sup> | 239.25 b                             | 56.68                     | 232.50 b                              | 62.86                      |
| T5. <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4<br>kg·ha <sup>-1</sup>  | 229.75 b                             | 58.40                     | 215.00 b                              | 65.65                      |
| T6. Testigo sin aplicación                                 | NA                        | 552.25 a                             | 0.00                      | 626.00 a                              | 0.00                       |
| PR>F                                                       |                           | <.0001                               |                           | <.0001                                |                            |
| Levene's Test                                              |                           | 0.2923                               |                           | 0.2123                                |                            |



\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto al índice de agallamiento en las últimas fechas de evaluación, se observó que a los 90 DDT se alcanzaron las mayores eficacias de control, registrándose hasta un 70% con el tratamiento T5 (*Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus*). Por otro lado, a los 120 DDT la severidad asociada al índice de agallamiento fue similar entre los tratamientos, con valores entre 1.65 y 1.8 en la escala de Taylor y Sasser (1978), y eficacias que oscilaron entre 63 y 67% (Cuadro 5). Resultados comparables se han reportado en estudios realizados en tomate, donde cepas de *Bacillus* aplicadas de manera individual y combinada redujeron el número de agallas y masas de huevos de *M. incognita* en más del 90 % en las raíces. Sin embargo, cuando las cepas se aplicaron en combinación, la supresión de nemátodos y el aumento en el peso de brotes fueron menores que con aplicaciones individuales, sugiriendo posibles interacciones negativas entre las cepas (Cruz-Magalhães et al., 2022). Además, los metabolitos presentes en los sobrenadantes libres de células y los compuestos orgánicos volátiles (COV) de las cepas demostraron un fuerte efecto contra diversos fitopatógenos, incluyendo *M. incognita*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*, aunque no mostraron actividad frente a tres especies de hongos nematófagos, este es un plus importante en el establecimiento de estrategias de manejo integrado.

**Cuadro 5.** Promedio del índice de agallamiento (severidad) y porcentaje de eficacia durante la tercera y cuarta evaluación de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en chile cv. Criolla, Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                                | Dosis                  | Índice de agallamiento 90 DDT | Eficacia 90 DDT (%) | Índice de agallamiento 120 DDT | Eficacia 120 DDT (%) |
|------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>                       | 0.5 L·ha <sup>-1</sup> | 2.05 b                        | 59                  | 1.80 b                         | 63.6                 |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.0 L·ha <sup>-1</sup> | 1.80 cb                       | 64                  | 1.70 b                         | 65.6                 |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 1.5 L·ha <sup>-1</sup> | 1.70 cb                       | 66                  | 1.65 b                         | 66.6                 |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                             | 2.0 L·ha <sup>-1</sup> | 1.90 cb                       | 62                  | 1.70 b                         | 65.6                 |
| T5. <i>Paecilomyces lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4 kg·ha <sup>-1</sup>  | 1.50 c                        | 70                  | 1.80 b                         | 63.6                 |
| T6. Testigo sin aplicación                                 | NA                     | 4.95 a                        | 0                   | 4.95 a                         | 0.00                 |
| PR>F                                                       |                        | <.0001                        |                     | <.0001                         |                      |
| Levene's Test                                              |                        | 0.2839                        |                     | 0.0358                         |                      |

\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 7.4 Rendimiento y calidad

Los parámetros asociados a la calidad del fruto mostraron un comportamiento contrastante. La longitud de los frutos no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sin embargo, el rendimiento mostró un incremento notable, con un aumento superior al 23% en el promedio general. En este último caso, todos los tratamientos registraron valores estadísticamente similares. Diversos estudios respaldan el efecto sinérgico de cepas biocontroladoras sobre calidad y rendimiento de cultivos. Diversos estudios respaldan el efecto sinérgico de cepas biocontroladoras sobre la calidad y rendimiento de cultivos. Por ejemplo, d'Errico et al. (2019) evaluaron *Bacillus firmus*, aplicada sola o combinada con oxamilo o fostiazato, en tomate. La aplicación redujo significativamente las poblaciones de *Meloidogyne incognita* y la infección por *Pseudopyrenochaeta lycopersici*. La combinación con productos químicos produjo el índice de agallamiento más bajo y aumentó el rendimiento hasta un 50 % respecto al control, destacando la eficacia de los tratamientos biológicos como estrategia complementaria para mejorar la productividad y el manejo de plagas. Este efecto sistémico también se ha observado en otros patosistemas. Por ejemplo, Hernández-Castillo et al. (2014) evaluaron tres cepas rizosféricas de *Bacillus* en Chile, inoculadas inicialmente a la raíz de plántulas y posteriormente al suelo de macetas. Las cepas inhibieron significativamente la actividad infectiva de *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, agentes causales de marchitez. Además, estimularon el crecimiento vegetativo, peso de raíz y frutos, y rendimiento total, reduciendo la incidencia y severidad de la enfermedad, superando incluso la eficacia de un fungicida sintético utilizado como control.

**Cuadro 6.** Longitud de fruto (cm) y rendimiento (g/planta) a los 120 DDT durante la evaluación de formulaciones de *Bacillus* spp. y *Paecilomyces* sp. en el manejo del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en Chile cv. Criolla, Jantetelco, Morelos, México, 2024.

| Tratamiento                                      | Dosis                  | Longitud de fruto | Rendimiento (g/planta) |
|--------------------------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| T1. <i>Bacillus methylotrophicus</i>             | 0.5 L·ha <sup>-1</sup> | 16.6 a            | 245.3 b                |
| T2. <i>B. methylotrophicus</i>                   | 1.0 L·ha <sup>-1</sup> | 16.3 a            | 242.4 b                |
| T3. <i>B. methylotrophicus</i>                   | 1.5 L·ha <sup>-1</sup> | 16.3 a            | 244.3 b                |
| T4. <i>B. methylotrophicus</i>                   | 2.0 L·ha <sup>-1</sup> | 16.8 a            | 242.9 b                |
| T5. <i>P. lilacinus</i> + <i>Bacillus firmus</i> | 4 kg·ha <sup>-1</sup>  | 16.2 a            | 246.4 b                |

|                            |    |        |         |
|----------------------------|----|--------|---------|
| T6. Testigo sin aplicación | NA | 16.3 a | 198.4 a |
| PR>F                       |    | 0.4656 | <.0001  |
| Levene's Test              |    | 0.1175 | 0.2755  |

\*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## 8. CONCLUSIONES

Todos los tratamientos biológicos evaluados mostraron un efecto significativo en el control del nemátodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.), con variaciones en la intensidad del control atribuibles a la dosis y a la cepa utilizada. Las formulaciones a base de *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus firmus* y *Paecilomyces lilacinus* demostraron una eficacia consistente bajo condiciones de agricultura protegida. Cuatro aplicaciones consecutivas mediante riego localizado fueron suficientes para reducir de forma sostenida la densidad de juveniles en el suelo y disminuir en más del 60 % el índice de agallamiento radicular respecto al testigo sin aplicación.

Entre los tratamientos probados, *Bacillus methylotrophicus* en dosis de  $1.5 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$  y la mezcla *Paecilomyces lilacinus* + *Bacillus firmus* ( $4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) destacaron por su mayor efectividad, al mantener la población del nemátodo en niveles bajos durante todo el ciclo del cultivo, sin manifestar síntomas de fitotoxicidad en las plantas. Además, se observó un incremento promedio superior al 23 % en el rendimiento del cultivo en comparación con el testigo, sin alteraciones en la calidad de los frutos. Este efecto puede atribuirse a una acción sinérgica de los biocontroladores, quienes además de reducir la población del patógeno, promueven el desarrollo y vigor de las plantas.

Los resultados obtenidos respaldan la recomendación de incorporar cepas nativas de bacterias y hongos biocontroladores en los programas de manejo integrado de cultivos, destacando su potencial como alternativa sostenible para reducir el uso de nematicidas químicos. Su implementación contribuye a mejorar la productividad y la sanidad del cultivo de chile, promoviendo sistemas agrícolas más sustentables, rentables y ambientalmente

## 9. LITERATURA CITADA

- Alcala-Rico, J. S. G. J., Ramirez-Meraz, M., Maldonado-Moreno, N., Borja-Bravo, M., Camposeco-Montejo, N., & Lopez-Benitez, A. (2023). Variación morfológica en frutos de genotipos de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) del Noreste y Centro de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2).
- Bartlem, D. G., Jones, M. G., & Hammes, U. Z. (2014). Vascularization and nutrient delivery at root-knot nematode feeding sites in host roots. *Journal of experimental botany*, 65(7), 1789-1798.
- Basyony, A. G., & Abo-Zaid, G. A. (2018). Biocontrol of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, using an eco-friendly formulation from *Bacillus subtilis*, lab. and greenhouse studies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1-13.
- Calvo-Araya, J. A., & Zapata-Montes, N. (2020). Evaluation of nematicidal activity of fluensulfone against *Meloidogyne incognita* in Bell Pepper Crop. *International Journal of Plant & Soil Science*, 32(10), 52-59.
- Chi, J. I. C., Alejo, J. C., Suárez, J. M. T., Luna, F. A. P., & De la Cruz, J. C. (2018). Especies nativas de *Trichoderma* spp. y su actividad antagónica contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum* L. *Investigación y Ciencia*, 26(73), 5-12.
- Chinheya, C. C., Yobo, K. S., & Laing, M. D. (2017). Biological control of the rootknot nematode, *Meloidogyne javanica* (Chitwood) using *Bacillus* isolates, on soybean. *Biological control*, 109, 37-41.
- Cruz-Magalhães, V., Guimarães, R. A., Da Silva, J. C., de Faria, A. F., Pedroso, M. P., Campos, V. P., ... & De Souza, J. T. (2022). The combination of two *Bacillus* strains suppresses *Meloidogyne incognita* and fungal pathogens, but does not enhance plant growth. *Pest management science*, 78(2), 722-732.
- d'Errico, G., Marra, R., Crescenzi, A., Davino, S. W., Fanigliulo, A., Woo, S. L., & Lorito, M. (2019). Integrated management strategies of *Meloidogyne incognita* and *Pseudopyrenochaeta lycopersici* on tomato using a *Bacillus firmus*-based product and two synthetic nematicides in two consecutive crop cycles in greenhouse. *Crop Protection*, 122, 159-164.
- El-Nagdi, W. M., & Abd-El-Khair, H. (2019). Application of *Bacillus* species for controlling root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in eggplant. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 154.

Fernández-Santillán, G., Cerna-Rebaza, L., & Ruiz, J. C. (2016). Eficacia de *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne incognita* que ataca al cultivo de *Capsicum annuum*, "pimiento piquillo". *Fitosanidad*, 20(3), 109-119.

Guigón-López, C., & González, P. A. G. (2001). Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annuum*, L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 49-56.

Guigón-López, C., & González-González, P. A. (2007). Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México: Pest management in the pepper crop and their environmental impact in the Jiménez-Villa López, Chihuahua, México agricultural zone. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 1(2), 36-47.

Habazar, T., Yanti, Y., Dani, M. R., & Monica, D. (2021, May). Biocontrol of *Meloidogyne* sp. on tomato plants by selected *Bacillus* spp. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 757, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.

Hernández-Castillo, F. D., Lira-Saldivar, R. H., Gallegos-Morales, G., Hernández-Suárez, M., & Solis-Gaona, S. (2014). Biocontrol de la marchitez del chile con tres especies de *Bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Phyton (Buenos Aires)*, 83(1), 49-55.

Herrera-Parra, E., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Góngora-Jiménez, J. A., & Lomas-Barrie, C. T. (2011). Nematofauna nociva (*Meloidogyne* spp.) en cultivos hortícolas tropicales: Distribución y perspectivas de manejo en Yucatán. *Recursos genéticos microbianos en la zona Golfo-Sureste de México*, 1, 138-150.

Long-Solís, J. (2012). *Capsicum y cultura: la historia del chilli*, 203. Fondo de Cultura Económica, Mexico City, Mexico.

Mex, R. M., GARCEZ, A. N., & SANCHEZ, E. R. (2020). Biología y manejo de plagas del cultivo de chile habanero. *Martín-Mex, R., Nexticapán-Garcéz, A., & Ruiz-Sánchez, E. (2020). Biología y manejo de plagas del cultivo de chile habanero. En CIATEJ (Ed.), Metabolómica y cultivo del chile habanero (Capsicum chinense Jacq) de la Península de Yucatán.*, 42-54.

Navarrete-Mapen, R. Z. N., Alejo, J. C., Suarez, J. M. T., Parra, E. D. L. Á. H., & Vázquez, A. U. (2020). Principales enfermedades del chile habanero (*Capsicum chinense*) y su control. *Navarrete-Mapen, RZ, Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, JM, Herrera-Parra, E., & Uc-Varguez, A. (2020). Principales enfermedades del chile habanero (Capsicum chinense) y su control. En CIATEJ (Ed.), Metabolómica y cultivo del chile habanero.*

Pérez-Martínez, A. L., Eguiarte, L. E., Mercer, K. L., Martínez-Ainsworth, N. E., McHale, L., van der Knaap, E., & Jardón-Barbolla, L. (2022). Genetic diversity, gene flow, and differentiation among wild, semiwild, and landrace chile pepper (*Capsicum annuum*) populations in Oaxaca, Mexico. *American Journal of Botany*, 109(7), 1157-1176.

Pérez-Rodríguez, I., Franco-Navarro, F., del Prado-Vera, I. C., & Zavaleta-Mejía, E. (2011). Nontrol de *Nacobbus aberrans* en chile ancho (*Capsicum annuum* L.) mediante el uso combinado de enmiendas orgánicas, hongos nematófagos y nematicidas. *Nematropica*, 122-129.

Perveen, Z., & Shahzad, S. (2013). A comparative study of the efficacy of *Paecilomyces* species against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*.

Perveen, Z., & Shahzad, S. (2013). A comparative study of the efficacy of *Paecilomyces* species against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*.

Velásquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M. M., & Luna-Ruiz, J. D. J. (2001). Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(2), 175-181.

Xia, Y., Xie, S., Ma, X., Wu, H., Wang, X., & Gao, X. (2011). The *purL* gene of *Bacillus subtilis* is associated with nematicidal activity. *FEMS microbiology letters*, 322(2), 99-107.

Xiong, J., Zhou, Q., Luo, H., Xia, L., Li, L., Sun, M., & Yu, Z. (2015). Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of *Bacillus firmus* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31(4), 661-667.

## 10. Apéndice

### 11. Registro de datos de campo

#### 11.1 EVALUACIÓN PREVIA (28-SEPTIEMBRE-2024) JUVENILES/CM<sup>3</sup> JUVENILES

| UE | TRAT | B1     |    | AV     |
|----|------|--------|----|--------|
| 1  | T1   | 520.00 | T1 | 520.00 |
| 2  | T2   | 564.00 | T2 | 564.00 |
| 3  | T3   | 435.00 | T3 | 435.00 |
| 8  | T4   | 540.00 | T4 | 540.00 |
| 9  | T5   | 480.00 | T5 | 480.00 |
| 4  | T6   | 523.00 |    | 523.00 |
| 10 | T1   | 445.00 | T1 | 445.00 |
| 5  | T2   | 460.00 | T2 | 460.00 |
| 6  | T3   | 436.00 | T3 | 436.00 |
| 14 | T4   | 420.00 | T4 | 420.00 |
| 12 | T5   | 520.00 | T5 | 520.00 |
| 18 | T6   | 524.00 |    | 524.00 |
| 11 | T1   | 530.00 | T1 | 530.00 |
| 7  | T2   | 426.00 | T2 | 426.00 |
| 13 | T3   | 488.00 | T3 | 488.00 |
| 17 | T4   | 412.00 | T4 | 412.00 |
| 15 | T5   | 420.00 | T5 | 420.00 |
| 19 | T6   | 487.00 |    | 487.00 |
| 24 | T1   | 489.00 | T1 | 489.00 |
| 16 | T2   | 509.00 | T2 | 509.00 |
| 20 | T3   | 578.00 | T3 | 578.00 |
| 23 | T4   | 562.00 | T4 | 562.00 |
| 22 | T5   | 580.00 | T5 | 580.00 |
| 21 | T6   | 456.00 |    | 456.00 |

**11.2 PRIMERA EVALUACIÓN (28-OCTUBRE-2024) JUVENILES/CM3  
JUVENILES**

| UE | TRAT | B1     |    | AV     |
|----|------|--------|----|--------|
| 1  | T1   | 378.00 | T1 | 378.00 |
| 2  | T2   | 365.00 | T2 | 365.00 |
| 3  | T3   | 388.00 | T3 | 388.00 |
| 8  | T4   | 426.00 | T4 | 426.00 |
| 9  | T5   | 388.00 | T5 | 388.00 |
| 4  | T6   | 564.00 |    | 564.00 |
| 10 | T1   | 386.00 | T1 | 386.00 |
| 5  | T2   | 345.00 | T2 | 345.00 |
| 6  | T3   | 341.00 | T3 | 341.00 |
| 14 | T4   | 354.00 | T4 | 354.00 |
| 12 | T5   | 356.00 | T5 | 356.00 |
| 18 | T6   | 582.00 |    | 582.00 |
| 11 | T1   | 354.00 | T1 | 354.00 |
| 7  | T2   | 376.00 | T2 | 376.00 |
| 13 | T3   | 382.00 | T3 | 382.00 |
| 17 | T4   | 376.00 | T4 | 376.00 |
| 15 | T5   | 387.00 | T5 | 387.00 |
| 19 | T6   | 489.00 |    | 489.00 |
| 24 | T1   | 425.00 | T1 | 425.00 |
| 16 | T2   | 397.00 | T2 | 397.00 |
| 20 | T3   | 397.00 | T3 | 397.00 |
| 23 | T4   | 324.00 | T4 | 324.00 |
| 22 | T5   | 334.00 | T5 | 334.00 |
| 21 | T6   | 523.00 |    | 523.00 |



## ÍNDICE DE AGALLAMIENTO

| UE | TRAT | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |    | AV   |
|----|------|----|----|----|----|----|----|------|
| 1  | T1   | 3  | 1  | 2  | 2  | 2  | T1 | 2.00 |
| 2  | T2   | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | T2 | 1.60 |
| 3  | T3   | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | T3 | 1.60 |
| 8  | T4   | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | T4 | 1.80 |
| 9  | T5   | 1  | 2  | 2  | 0  | 1  | T5 | 1.20 |
| 4  | T6   | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  |    | 4.60 |
| 10 | T1   | 3  | 2  | 3  | 3  | 2  | T1 | 2.60 |
| 5  | T2   | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  | T2 | 1.60 |
| 6  | T3   | 0  | 2  | 2  | 2  | 2  | T3 | 1.60 |
| 14 | T4   | 1  | 2  | 1  | 1  | 2  | T4 | 1.40 |
| 12 | T5   | 2  | 3  | 2  | 2  | 1  | T5 | 2.00 |
| 18 | T6   | 5  | 4  | 4  | 4  | 5  |    | 4.40 |
| 11 | T1   | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | T1 | 1.80 |
| 7  | T2   | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | T2 | 1.60 |
| 13 | T3   | 2  | 2  | 3  | 2  | 0  | T3 | 1.80 |
| 17 | T4   | 2  | 1  | 2  | 2  | 2  | T4 | 1.80 |
| 15 | T5   | 2  | 1  | 2  | 3  | 2  | T5 | 2.00 |
| 19 | T6   | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  |    | 4.80 |
| 24 | T1   | 2  | 3  | 2  | 3  | 2  | T1 | 2.40 |
| 16 | T2   | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | T2 | 1.80 |
| 20 | T3   | 1  | 1  | 2  | 2  | 0  | T3 | 1.20 |
| 23 | T4   | 1  | 2  | 2  | 2  | 1  | T4 | 1.60 |
| 22 | T5   | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | T5 | 1.60 |
| 21 | T6   | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  |    | 4.40 |

### 11.3 SEGUNDA EVALUACIÓN (27-NOVIEMBRE-2024) JUVENILES/CM3 JUVENILES

| UE | TRAT | B1     |    | AV     |
|----|------|--------|----|--------|
| 1  | T1   | 312.00 | T1 | 312.00 |
| 2  | T2   | 284.00 | T2 | 284.00 |
| 3  | T3   | 275.00 | T3 | 275.00 |
| 8  | T4   | 246.00 | T4 | 246.00 |
| 9  | T5   | 245.00 | T5 | 245.00 |
| 4  | T6   | 456.00 |    | 456.00 |
| 10 | T1   | 324.00 | T1 | 324.00 |
| 5  | T2   | 297.00 | T2 | 297.00 |
| 6  | T3   | 256.00 | T3 | 256.00 |
| 14 | T4   | 264.00 | T4 | 264.00 |
| 12 | T5   | 238.00 | T5 | 238.00 |
| 18 | T6   | 564.00 |    | 564.00 |
| 11 | T1   | 305.00 | T1 | 305.00 |
| 7  | T2   | 325.00 | T2 | 325.00 |
| 13 | T3   | 240.00 | T3 | 240.00 |
| 17 | T4   | 260.00 | T4 | 260.00 |
| 15 | T5   | 221.00 | T5 | 221.00 |
| 19 | T6   | 521.00 |    | 521.00 |
| 24 | T1   | 320.00 | T1 | 320.00 |
| 16 | T2   | 335.00 | T2 | 335.00 |
| 20 | T3   | 200.00 | T3 | 200.00 |
| 23 | T4   | 275.00 | T4 | 275.00 |
| 22 | T5   | 216.00 | T5 | 216.00 |
| 21 | T6   | 532.00 |    | 532.00 |

## ÍNDICE DE AGALLAMIENTO

| UE | TRAT | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |    | AV   |
|----|------|----|----|----|----|----|----|------|
| 1  | T1   | 2  | 3  | 2  | 2  | 1  | T1 | 2.00 |
| 2  | T2   | 2  | 1  | 2  | 2  | 3  | T2 | 2.00 |
| 3  | T3   | 2  | 1  | 2  | 3  | 1  | T3 | 1.80 |
| 8  | T4   | 3  | 2  | 1  | 2  | 2  | T4 | 2.00 |
| 9  | T5   | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | T5 | 2.00 |
| 4  | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5.00 |
| 10 | T1   | 3  | 2  | 2  | 1  | 2  | T1 | 2.00 |
| 5  | T2   | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | T2 | 2.00 |
| 6  | T3   | 2  | 0  | 3  | 2  | 0  | T3 | 1.40 |
| 14 | T4   | 2  | 3  | 2  | 2  | 0  | T4 | 1.80 |
| 12 | T5   | 1  | 3  | 2  | 2  | 3  | T5 | 2.20 |
| 18 | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5.00 |
| 11 | T1   | 2  | 2  | 2  | 3  | 1  | T1 | 2.00 |
| 7  | T2   | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | T2 | 2.20 |
| 13 | T3   | 2  | 2  | 3  | 2  | 0  | T3 | 1.80 |
| 17 | T4   | 2  | 3  | 2  | 1  | 2  | T4 | 2.00 |
| 15 | T5   | 1  | 2  | 2  | 3  | 1  | T5 | 1.80 |
| 19 | T6   | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  |    | 4.80 |
| 24 | T1   | 2  | 3  | 1  | 2  | 2  | T1 | 2.00 |
| 16 | T2   | 1  | 2  | 3  | 2  | 1  | T2 | 1.80 |
| 20 | T3   | 2  | 2  | 2  | 3  | 2  | T3 | 2.20 |
| 23 | T4   | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | T4 | 2.20 |
| 22 | T5   | 1  | 3  | 2  | 2  | 3  | T5 | 2.20 |
| 21 | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5.00 |

**TERCERA EVALUACIÓN (27-DICIEMBRE-2024) JUVENILES/CM3**  
**JUVENILES**

| UE | TRAT | B1     |    | AV     |
|----|------|--------|----|--------|
| 1  | T1   | 234.00 | T1 | 234.00 |
| 2  | T2   | 223.00 | T2 | 223.00 |
| 3  | T3   | 245.00 | T3 | 245.00 |
| 8  | T4   | 245.00 | T4 | 245.00 |
| 9  | T5   | 235.00 | T5 | 235.00 |
| 4  | T6   | 565.00 |    | 565.00 |
| 10 | T1   | 245.00 | T1 | 245.00 |
| 5  | T2   | 210.00 | T2 | 210.00 |
| 6  | T3   | 212.00 | T3 | 212.00 |
| 14 | T4   | 265.00 | T4 | 265.00 |
| 12 | T5   | 228.00 | T5 | 228.00 |
| 18 | T6   | 548.00 |    | 548.00 |
| 11 | T1   | 267.00 | T1 | 267.00 |
| 7  | T2   | 218.00 | T2 | 218.00 |
| 13 | T3   | 209.00 | T3 | 209.00 |
| 17 | T4   | 231.00 | T4 | 231.00 |
| 15 | T5   | 229.00 | T5 | 229.00 |
| 19 | T6   | 518.00 |    | 518.00 |
| 24 | T1   | 240.00 | T1 | 240.00 |
| 16 | T2   | 287.00 | T2 | 287.00 |
| 20 | T3   | 234.00 | T3 | 234.00 |
| 23 | T4   | 216.00 | T4 | 216.00 |
| 22 | T5   | 227.00 | T5 | 227.00 |
| 21 | T6   | 578.00 |    | 578.00 |

## ÍNDICE DE AGALLAMIENTO

| UE | TRAT | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |    | AV   |
|----|------|----|----|----|----|----|----|------|
| 1  | T1   | 2  | 2  | 2  | 3  | 1  | T1 | 2.00 |
| 2  | T2   | 3  | 2  | 2  | 2  | 1  | T2 | 2.00 |
| 3  | T3   | 2  | 0  | 3  | 2  | 0  | T3 | 1.40 |
| 8  | T4   | 2  | 2  | 3  | 2  | 2  | T4 | 2.20 |
| 9  | T5   | 2  | 0  | 0  | 3  | 1  | T5 | 1.20 |
| 4  | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5.00 |
| 10 | T1   | 2  | 2  | 3  | 2  | 1  | T1 | 2.00 |
| 5  | T2   | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  | T2 | 1.80 |
| 6  | T3   | 2  | 1  | 3  | 2  | 0  | T3 | 1.60 |
| 14 | T4   | 2  | 2  | 2  | 3  | 0  | T4 | 1.80 |
| 12 | T5   | 2  | 0  | 2  | 3  | 2  | T5 | 1.80 |
| 18 | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5.00 |
| 11 | T1   | 2  | 2  | 2  | 3  | 1  | T1 | 2.00 |
| 7  | T2   | 1  | 3  | 2  | 2  | 0  | T2 | 1.60 |
| 13 | T3   | 2  | 2  | 2  | 3  | 0  | T3 | 1.80 |
| 17 | T4   | 1  | 1  | 3  | 2  | 2  | T4 | 1.80 |
| 15 | T5   | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | T5 | 1.40 |
| 19 | T6   | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  |    | 4.80 |
| 24 | T1   | 2  | 3  | 2  | 2  | 2  | T1 | 2.20 |
| 16 | T2   | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | T2 | 1.80 |
| 20 | T3   | 2  | 3  | 2  | 1  | 2  | T3 | 2.00 |
| 23 | T4   | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  | T4 | 1.80 |
| 22 | T5   | 3  | 0  | 2  | 2  | 1  | T5 | 1.60 |
| 21 | T6   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |    | 5    |

### Longitud de frutos

| UE | TRAT | B1   | B2   | B3   | B4   | B5   |    | AV    |
|----|------|------|------|------|------|------|----|-------|
| 1  | T1   | 15.5 | 17.5 | 14.5 | 16.0 | 15.5 | T1 | 15.80 |
| 2  | T2   | 15.6 | 16.9 | 16.3 | 15.3 | 18.0 | T2 | 16.42 |
| 3  | T3   | 15.3 | 16.8 | 17.6 | 14.5 | 14.1 | T3 | 15.66 |
| 8  | T4   | 16.3 | 17.6 | 16.4 | 15.6 | 15.0 | T4 | 16.18 |
| 9  | T5   | 14.4 | 16.4 | 16.4 | 15.6 | 16.6 | T5 | 15.88 |
| 4  | T6   | 15.2 | 14.5 | 16.4 | 13.8 | 14.9 |    | 14.96 |
| 10 | T1   | 13.8 | 16.4 | 14.5 | 13.9 | 17.6 | T1 | 15.24 |
| 5  | T2   | 14.6 | 16.2 | 15.9 | 14.1 | 16.4 | T2 | 15.44 |
| 6  | T3   | 14.4 | 14.9 | 15.5 | 16.7 | 16.0 | T3 | 15.50 |
| 14 | T4   | 14.8 | 16.5 | 14.5 | 14.9 | 15.6 | T4 | 15.26 |
| 12 | T5   | 15.6 | 14.5 | 16.3 | 14.8 | 15.4 | T5 | 15.32 |
| 18 | T6   | 16.4 | 1.5  | 15.6 | 14.5 | 15.7 |    | 12.74 |
| 11 | T1   | 14.2 | 12.9 | 16.4 | 16.4 | 17.2 | T1 | 15.42 |
| 7  | T2   | 14.9 | 13.5 | 18.5 | 15.7 | 17.1 | T2 | 15.94 |
| 13 | T3   | 16.0 | 15.5 | 14.8 | 15.3 | 14.6 | T3 | 15.24 |
| 17 | T4   | 16.4 | 15.6 | 15.5 | 15.3 | 14.7 | T4 | 15.50 |
| 15 | T5   | 15.9 | 15.7 | 15.4 | 14.5 | 16.4 | T5 | 15.58 |
| 19 | T6   | 15.0 | 15.6 | 15.7 | 17.0 | 16.0 |    | 15.86 |
| 24 | T1   | 17.3 | 16.3 | 15.6 | 14.8 | 14.8 | T1 | 15.76 |
| 16 | T2   | 16.1 | 15.8 | 13.4 | 15.5 | 15.8 | T2 | 15.32 |
| 20 | T3   | 15.6 | 16.5 | 15.6 | 15.4 | 15.6 | T3 | 15.74 |
| 23 | T4   | 14.5 | 18.5 | 14.5 | 15.9 | 15.7 | T4 | 15.82 |
| 22 | T5   | 13.9 | 14.5 | 17.5 | 16.5 | 16.8 | T5 | 15.84 |
| 21 | T6   | 15.0 | 14.0 | 16.0 | 14.5 | 15.0 |    | 14.90 |

## RENDIMIENTO

| UE | TRAT | B1    | B2    | B3    | B4    |    | AV     |
|----|------|-------|-------|-------|-------|----|--------|
| 1  | T1   | 245.0 | 238.0 | 244.0 | 236.0 | T1 | 240.75 |
| 2  | T2   | 251.0 | 237.0 | 240.0 | 240.0 | T2 | 242.00 |
| 3  | T3   | 236.0 | 249.0 | 238.0 | 237.0 | T3 | 240.00 |
| 8  | T4   | 246.0 | 229.0 | 239.0 | 230.0 | T4 | 236.00 |
| 9  | T5   | 260.0 | 236.0 | 237.0 | 239.0 | T5 | 243.00 |
| 4  | T6   | 198.0 | 196.0 | 194.0 | 209.0 |    | 199.25 |
| 10 | T1   | 250.0 | 230.0 | 230.0 | 248.0 | T1 | 239.50 |
| 5  | T2   | 238.0 | 231.0 | 238.0 | 246.0 | T2 | 238.25 |
| 6  | T3   | 237.0 | 235.0 | 234.0 | 240.0 | T3 | 236.50 |
| 14 | T4   | 229.0 | 240.0 | 246.0 | 235.0 | T4 | 237.50 |
| 12 | T5   | 236.0 | 246.0 | 249.0 | 229.0 | T5 | 240.00 |
| 18 | T6   | 206.0 | 208.0 | 197.0 | 195.0 |    | 201.50 |
| 11 | T1   | 248.0 | 248.0 | 240.0 | 228.0 | T1 | 241.00 |
| 7  | T2   | 246.0 | 240.0 | 238.0 | 231.0 | T2 | 238.75 |
| 13 | T3   | 240.0 | 250.0 | 256.0 | 238.0 | T3 | 246.00 |
| 17 | T4   | 237.0 | 237.0 | 254.0 | 230.0 | T4 | 239.50 |
| 15 | T5   | 231.0 | 238.0 | 240.0 | 254.0 | T5 | 240.75 |
| 19 | T6   | 185.0 | 206.0 | 211.0 | 193.0 |    | 198.75 |
| 24 | T1   | 240.0 | 241.0 | 228.0 | 256.0 | T1 | 241.25 |
| 16 | T2   | 246.0 | 239.0 | 229.0 | 209.0 | T2 | 230.75 |
| 20 | T3   | 243.0 | 240.0 | 231.0 | 265.0 | T3 | 244.75 |
| 23 | T4   | 235.0 | 244.0 | 238.0 | 245.0 | T4 | 240.50 |
| 22 | T5   | 236.0 | 249.0 | 229.0 | 228.0 | T5 | 235.50 |
| 21 | T6   | 186.0 | 195.0 | 204.0 | 210.0 |    | 198.75 |

**11.5 CUARTA EVALUACIÓN (26-ENERO-2019) JUVENILES/CM3  
JUVENILES**

| UE | UE | TRAT | B1     |    | AV     |
|----|----|------|--------|----|--------|
| 1  | 1  | T1   | 269.00 | T1 | 269.00 |
| 2  | 6  | T2   | 245.00 | T2 | 245.00 |
| 3  | 10 | T3   | 208.00 | T3 | 208.00 |
| 8  | 5  | T4   | 227.00 | T4 | 227.00 |
| 9  | 3  | T5   | 223.00 | T5 | 223.00 |
| 4  | 4  | T6   | 563.00 |    | 563.00 |
| 10 | 2  | T1   | 284.00 | T1 | 284.00 |
| 5  | 7  | T2   | 261.00 | T2 | 261.00 |
| 6  | 11 | T3   | 216.00 | T3 | 216.00 |
| 14 | 15 | T4   | 245.00 | T4 | 245.00 |
| 12 | 14 | T5   | 218.00 | T5 | 218.00 |
| 18 | 21 | T6   | 641.00 |    | 641.00 |
| 11 | 8  | T1   | 209.00 | T1 | 209.00 |
| 7  | 9  | T2   | 280.00 | T2 | 280.00 |
| 13 | 12 | T3   | 189.00 | T3 | 189.00 |
| 17 | 16 | T4   | 251.00 | T4 | 251.00 |
| 15 | 18 | T5   | 209.00 | T5 | 209.00 |
| 19 | 22 | T6   | 672.00 |    | 672.00 |
| 24 | 23 | T1   | 315.00 | T1 | 315.00 |
| 16 | 20 | T2   | 304.00 | T2 | 304.00 |
| 20 | 13 | T3   | 234.00 | T3 | 234.00 |
| 23 | 17 | T4   | 207.00 | T4 | 207.00 |
| 22 | 19 | T5   | 210.00 | T5 | 210.00 |
| 21 | 24 | T6   | 628.00 |    | 628.00 |



## ÍNDICE DE AGALLAMIENTO

| UE | UE | TRAT | B1   | B2   | B3   | B4   | B5   |    | AV   |
|----|----|------|------|------|------|------|------|----|------|
| 1  | 1  | T1   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 2.00 | T1 | 2.00 |
| 2  | 2  | T2   | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | T2 | 1.80 |
| 3  | 3  | T3   | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | T3 | 1.80 |
| 8  | 8  | T4   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T4 | 1.80 |
| 9  | 9  | T5   | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | T5 | 1.60 |
| 4  | 4  | T6   | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |    | 5.00 |
| 10 | 10 | T1   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T1 | 1.80 |
| 5  | 5  | T2   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T2 | 1.80 |
| 6  | 6  | T3   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | T3 | 1.40 |
| 14 | 14 | T4   | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T4 | 1.60 |
| 12 | 12 | T5   | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | T5 | 2.00 |
| 18 | 18 | T6   | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |    | 5.00 |
| 11 | 11 | T1   | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T1 | 1.60 |
| 7  | 7  | T2   | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | T2 | 1.60 |
| 13 | 13 | T3   | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | T3 | 1.80 |
| 17 | 17 | T4   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T4 | 1.80 |
| 15 | 15 | T5   | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 0.00 | 3.00 | T5 | 1.60 |
| 19 | 19 | T6   | 5.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |    | 4.80 |
| 24 | 24 | T1   | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T1 | 1.80 |
| 16 | 16 | T2   | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | T2 | 1.60 |
| 20 | 20 | T3   | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | T3 | 1.60 |
| 23 | 23 | T4   | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | T4 | 1.60 |
| 22 | 22 | T5   | 3.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | T5 | 2.00 |
| 21 | 24 | T6   | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |    | 5.00 |

## LONGITUD DE FRUTOS

| UE | TRAT | B1   | B2   | B3   | B4   | B5   |    | AV    |
|----|------|------|------|------|------|------|----|-------|
| 1  | T1   | 16.8 | 15.1 | 16.3 | 15.6 | 17.5 | T1 | 16.28 |
| 2  | T2   | 16.2 | 16.4 | 17.1 | 15.2 | 15.5 | T2 | 16.09 |
| 3  | T3   | 16.3 | 16.3 | 15.2 | 18.4 | 16.8 | T3 | 16.59 |
| 8  | T4   | 18.9 | 16.4 | 17.1 | 17.7 | 16.1 | T4 | 17.24 |
| 9  | T5   | 14.8 | 16.1 | 18.5 | 17.6 | 15.2 | T5 | 16.44 |
| 4  | T6   | 15.0 | 16.0 | 14.0 | 15.0 | 15.4 |    | 15.08 |
| 10 | T1   | 15.8 | 17.1 | 17.2 | 18.5 | 16.4 | T1 | 16.99 |
| 5  | T2   | 18.5 | 14.5 | 15.2 | 17.2 | 14.6 | T2 | 16.00 |
| 6  | T3   | 17.2 | 15.3 | 16.7 | 17.0 | 14.8 | T3 | 16.21 |
| 14 | T4   | 17.6 | 14.6 | 18.4 | 15.2 | 17.3 | T4 | 16.63 |
| 12 | T5   | 18.1 | 14.9 | 17.2 | 13.5 | 17.2 | T5 | 16.19 |
| 18 | T6   | 17.0 | 15.0 | 16.0 | 18.0 | 17.0 |    | 16.60 |
| 11 | T1   | 18.0 | 15.6 | 19.4 | 14.2 | 16.5 | T1 | 16.74 |
| 7  | T2   | 17.4 | 15.1 | 17.2 | 17.2 | 16.4 | T2 | 16.67 |
| 13 | T3   | 16.4 | 16.4 | 16.4 | 17.3 | 16.2 | T3 | 16.53 |
| 17 | T4   | 16.5 | 15.2 | 15.2 | 19.4 | 16.7 | T4 | 16.61 |
| 15 | T5   | 15.3 | 16.8 | 15.5 | 16.3 | 16.1 | T5 | 16.00 |
| 19 | T6   | 17.0 | 16.0 | 18.0 | 17.0 | 17.5 |    | 17.10 |
| 24 | T1   | 15.4 | 17.2 | 16.3 | 16.4 | 16.1 | T1 | 16.28 |
| 16 | T2   | 17.2 | 16.7 | 16.2 | 16.5 | 15.2 | T2 | 16.36 |
| 20 | T3   | 16.4 | 15.5 | 15.2 | 17.3 | 15.6 | T3 | 16.02 |
| 23 | T4   | 15.5 | 18.2 | 16.4 | 17.1 | 15.5 | T4 | 16.55 |
| 22 | T5   | 16.6 | 16.9 | 14.1 | 16.6 | 16.3 | T5 | 16.09 |
| 21 | T6   | 16.0 | 15.0 | 18.0 | 17.0 | 16.0 |    | 16.40 |

## RENDIMIENTO

| UE | TRAT | B1    | B2    | B3    | B4    |    | AV     |
|----|------|-------|-------|-------|-------|----|--------|
| 1  | T1   | 243.0 | 240.0 | 265.0 | 245.0 | T1 | 248.25 |
| 2  | T2   | 244.0 | 245.0 | 245.0 | 265.0 | T2 | 249.75 |
| 3  | T3   | 245.0 | 236.0 | 235.0 | 232.0 | T3 | 237.00 |
| 8  | T4   | 239.0 | 238.0 | 247.0 | 227.0 | T4 | 237.75 |
| 9  | T5   | 238.0 | 245.0 | 245.0 | 292.0 | T5 | 255.00 |
| 4  | T6   | 186.0 | 184.0 | 188.0 | 193.0 |    | 187.75 |
| 10 | T1   | 247.0 | 246.0 | 238.0 | 245.0 | T1 | 244.00 |
| 5  | T2   | 245.0 | 240.0 | 241.0 | 208.0 | T2 | 233.50 |
| 6  | T3   | 250.0 | 241.0 | 258.0 | 265.0 | T3 | 253.50 |
| 14 | T4   | 251.0 | 238.0 | 239.0 | 245.0 | T4 | 243.25 |
| 12 | T5   | 243.0 | 237.0 | 246.0 | 253.0 | T5 | 244.75 |
| 18 | T6   | 204.0 | 205.0 | 198.0 | 194.0 |    | 200.25 |
| 11 | T1   | 240.0 | 230.0 | 229.0 | 257.0 | T1 | 239.00 |
| 7  | T2   | 239.0 | 248.0 | 264.0 | 248.0 | T2 | 249.75 |
| 13 | T3   | 238.0 | 249.0 | 245.0 | 269.0 | T3 | 250.25 |
| 17 | T4   | 247.0 | 250.0 | 231.0 | 235.0 | T4 | 240.75 |
| 15 | T5   | 238.0 | 237.0 | 238.0 | 248.0 | T5 | 240.25 |
| 19 | T6   | 185.0 | 196.0 | 206.0 | 207.0 |    | 198.50 |
| 24 | T1   | 241.0 | 258.0 | 234.0 | 267.0 | T1 | 250.00 |
| 16 | T2   | 240.0 | 268.0 | 229.0 | 209.0 | T2 | 236.50 |
| 20 | T3   | 245.0 | 218.0 | 234.0 | 248.0 | T3 | 236.25 |
| 23 | T4   | 251.0 | 245.0 | 250.0 | 253.0 | T4 | 249.75 |
| 22 | T5   | 246.0 | 250.0 | 245.0 | 241.0 | T5 | 245.50 |
| 21 | T6   | 206.0 | 204.0 | 223.0 | 196.0 |    | 207.25 |

## 12. Análisis estadístico

### 12.1 Juveniles

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 14

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev0

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 989.83333                | 197.96667  | 0.06    | 0.9977 |
| Error          | 18            | 64055.50000              | 3558.63889 |         |        |
| Total correcto | 23            | 65045.33333              |            |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev0 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.015218   | 12.12897 | 59.65433 | 491.8333  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media    | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|-------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 989.8333333             | 197.9666667 | 0.06    | 0.9977 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 15

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev0  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Suma de<br>cuadrados | Cuadrado<br>de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|-------------------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 43450478             | 8690096                 | 1.46    | 0.2512 |
| Error  | 18 | 1.071E8              | 5949823                 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 16

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev0

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 3558.639 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 134.06   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 500.00 | 4 | T5   |
| A                  |        |   |      |
| A                  | 497.50 | 4 | T6   |
| A                  |        |   |      |
| A                  | 496.00 | 4 | T1   |
| A                  |        |   |      |
| A                  | 489.75 | 4 | T2   |
| A                  |        |   |      |
| A                  | 484.25 | 4 | T3   |
| A                  |        |   |      |
| A                  | 483.50 | 4 | T4   |

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores           |
|-------|---------|-------------------|
| trat  | 6       | T1 T2 T3 T4 T5 T6 |

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 30

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev1

| Fuente         | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|----------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo         | 5  | 92290.7083        | 18458.1417           | 17.78   | <.0001 |
| Error          | 18 | 18685.2500        | 1038.0694            |         |        |
| Total correcto | 23 | 110975.9583       |                      |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev1 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.831628   | 8.023846 | 32.21909 | 401.5417  |

| Fuente | DF | Cuadrado de Anova SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|----------------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 92290.70833          | 18458.14167          | 17.78   | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 31

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev1

ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Cuadrado  |        | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-----------|--------|---------|--------|
|        |    | Suma de   | de la  |         |        |
|        |    | cuadrados | media  |         |        |
| trat   | 5  | 4070099   | 814020 | 1.08    | 0.4067 |
| Error  | 18 | 13628244  | 757125 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 32

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 1038.069 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 72.403   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 539.50 | 4 | T6   |
| B                  | 385.75 | 4 | T1   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 377.00 | 4 | T3   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 370.75 | 4 | T2   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 370.00 | 4 | T4   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 366.25 | 4 | T5   |

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores           |
|-------|---------|-------------------|
| trat  | 6       | T1 T2 T3 T4 T5 T6 |

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 46

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev2

| Fuente | DF | Cuadrado de |            | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|------------|---------|--------|
|        |    | Suma de     | la media   |         |        |
|        |    | cuadrados   |            |         |        |
| Modelo | 5  | 226569.2083 | 45313.8417 | 67.29   | <.0001 |
| Error  | 18 | 12121.7500  | 673.4306   |         |        |

Total correcto 23 238690.9583

|            |          |          |           |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev2 Media |
| 0.949216   | 8.292011 | 25.95054 | 312.9583  |

| Fuente | DF | Cuadrado de Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 226569.2083          | 45313.8417 | 67.29   | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 47

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev2  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Cuadrado Suma de de la cuadrados | media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------------------|---------|---------|--------|
| trat   | 5  | 6561486                          | 1312297 | 1.91    | 0.1417 |
| Error  | 18 | 12336866                         | 685381  |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 48

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev2

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 673.4306 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 58.316   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 518.25 | 4 | T6   |
| B                  | 315.25 | 4 | T1   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 310.25 | 4 | T2   |
| B                  |        |   |      |
| C B                | 261.25 | 4 | T4   |
| C                  |        |   |      |
| C                  | 242.75 | 4 | T3   |
| C                  |        |   |      |
| C                  | 230.00 | 4 | T5   |

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

|       |         |                   |
|-------|---------|-------------------|
| Clase | Niveles | Valores           |
| trat  | 6       | T1 T2 T3 T4 T5 T6 |

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 62

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 336604.3750              | 67320.8750 | 140.12  | <.0001 |
| Error          | 18            | 8648.2500                | 480.4583   |         |        |
| Total correcto | 23            | 345252.6250              |            |         |        |

|            |          |          |           |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev3 Media |
| 0.974951   | 7.614194 | 21.91936 | 287.8750  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 336604.3750             | 67320.8750 | 140.12  | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 63

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado<br>de la<br>media | F-Valor | Pr > F |        |
|--------|---------------|----------------------------|---------|--------|--------|
| trat   | 5             | 2164345                    | 432869  | 1.34   | 0.2923 |
| Error  | 18            | 5812501                    | 322917  |        |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 64

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 480.4583 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 49.257   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



Tukey Agrupamiento      Media      N      trat

A      552.25      4      T6

B      246.50      4      T1

B      239.25      4      T4

B      234.50      4      T2

B      229.75      4      T5

B      225.00      4      T3

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase      Niveles      Valores

trat      6      T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones      24

Sistema SAS      22:49 Wednesday, February 10, 2019      78

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media    | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|-------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 509702.5000              | 101940.5000 | 110.88  | <.0001 |
| Error          | 18            | 16549.5000               | 919.4167    |         |        |
| Total correcto | 23            | 526252.0000              |             |         |        |

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      Ev4 Media

0.968552      9.957926      30.32188      304.5000

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media    | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|-------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 509702.5000             | 101940.5000 | 110.88  | <.0001 |

Sistema SAS      22:49 Wednesday, February 10, 2019      79

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado<br>de la<br>cuadrados | media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|---------------|--------------------------------|---------|---------|--------|
| trat   | 5             | 8940729                        | 1788146 | 1.59    | 0.2123 |

Error 18 20196009 1122001

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 80

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 919.4167 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 68.14    |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 626.00 | 4 | T6   |
| B                  | 272.50 | 4 | T2   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 269.25 | 4 | T1   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 232.50 | 4 | T4   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 215.00 | 4 | T5   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 211.75 | 4 | T3   |

## 12.3 Índice de agallamiento

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 94

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev1

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 27.19333333              | 5.43866667 | 76.48   | <.0001 |
| Error          | 18            | 1.28000000               | 0.07111111 |         |        |
| Total correcto | 23            | 28.47333333              |            |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev1 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.955046   | 12.03008 | 0.266667 | 2.216667  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 27.19333333             | 5.43866667 | 76.48   | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 95

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev1  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Cuadrado<br>Suma de<br>de la<br>cuadrados | media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------------------------|---------|---------|--------|
| trat   | 5  | 0.0354                                    | 0.00709 | 2.17    | 0.1033 |
| Error  | 18 | 0.0588                                    | 0.00327 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 96

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| Alfa                        | 0.05 |
| Error de grados de libertad | 18   |

Error de cuadrado medio 0.071111  
 Valor crítico del rango estudentizado 4.49442  
 Diferencia significativa mínima 0.5993

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento Media N trat

|     |        |   |    |
|-----|--------|---|----|
| A   | 4.5500 | 4 | T6 |
| B   | 2.2000 | 4 | T1 |
| B   |        |   |    |
| C B | 1.7000 | 4 | T5 |
| C B |        |   |    |
| C B | 1.6500 | 4 | T2 |
| C B |        |   |    |
| C B | 1.6500 | 4 | T4 |
| C   |        |   |    |
| C   | 1.5500 | 4 | T3 |

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores           |
|-------|---------|-------------------|
| trat  | 6       | T1 T2 T3 T4 T5 T6 |

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 110

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev2

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 29.75333333              | 5.95066667 | 172.76  | <.0001 |
| Error          | 18            | 0.62000000               | 0.03444444 |         |        |
| Total correcto | 23            | 30.37333333              |            |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev2 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.979587   | 7.524006 | 0.185592 | 2.466667  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 29.75333333             | 5.95066667 | 172.76  | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 111

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev2  
 ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Cuadrado de la |         | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------|---------|---------|--------|
|        |    | Suma de        | media   |         |        |
| trat   | 5  | 0.0160         | 0.00321 | 1.86    | 0.1514 |
| Error  | 18 | 0.0310         | 0.00172 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 112

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev2

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 18  
 Error de cuadrado medio 0.034444  
 Valor crítico del rango estudentizado 4.49442  
 Diferencia significativa mínima 0.4171

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 4.9500 | 4 | T6   |
| B                  | 2.0500 | 4 | T5   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 2.0000 | 4 | T1   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 2.0000 | 4 | T4   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 2.0000 | 4 | T2   |
| B                  |        |   |      |
| B                  | 1.8000 | 4 | T3   |

#### Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores           |
|-------|---------|-------------------|
| trat  | 6       | T1 T2 T3 T4 T5 T6 |

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 126

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

| Fuente         | DF | Suma de Cuadrado de |            | F-Valor | Pr > F |
|----------------|----|---------------------|------------|---------|--------|
|                |    | cuadrados           | la media   |         |        |
| Modelo         | 5  | 33.97333333         | 6.79466667 | 185.31  | <.0001 |
| Error          | 18 | 0.66000000          | 0.03666667 |         |        |
| Total correcto | 23 | 34.63333333         |            |         |        |

|            |          |          |           |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev3 Media |
| 0.980943   | 8.265558 | 0.191485 | 2.316667  |

| Fuente | DF | Cuadrado de Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 33.97333333          | 6.79466667 | 185.31  | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 127

#### Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Cuadrado Suma de de la cuadrados | media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------------------|---------|---------|--------|
| trat   | 5  | 0.00750                          | 0.00150 | 1.36    | 0.2839 |
| Error  | 18 | 0.0198                           | 0.00110 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 128

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 0.036667 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 0.4303   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media  | N | trat |
|--------------------|--------|---|------|
| A                  | 4.9500 | 4 | T6   |
| B                  | 2.0500 | 4 | T1   |
| B                  |        |   |      |
| C B                | 1.9000 | 4 | T4   |
| C B                |        |   |      |
| C B                | 1.8000 | 4 | T2   |
| C B                |        |   |      |
| C B                | 1.7000 | 4 | T3   |
| C                  |        |   |      |
| C                  | 1.5000 | 4 | T5   |

#### Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| Clase | Niveles | Valores |
|-------|---------|---------|

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 142

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 34.63333333              | 6.92666667 | 271.04  | <.0001 |
| Error          | 18            | 0.46000000               | 0.02555556 |         |        |
| Total correcto | 23            | 35.09333333              |            |         |        |

|            |          |          |           |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev4 Media |
| 0.986892   | 7.052693 | 0.159861 | 2.266667  |

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|---------------|-------------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5             | 34.63333333             | 6.92666667 | 271.04  | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 143

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado<br>de la<br>cuadrados | media    | F-Valor | Pr > F |
|--------|---------------|--------------------------------|----------|---------|--------|
| trat   | 5             | 0.00323                        | 0.000647 | 3.06    | 0.0358 |
| Error  | 18            | 0.00380                        | 0.000211 |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 144

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 0.025556 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 0.3592   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey | Agrupamiento | Media  | N | trat |
|-------|--------------|--------|---|------|
|       | A            | 4.9500 | 4 | T6   |
|       | B            | 1.8000 | 4 | T1   |
|       | B            |        |   |      |
|       | B            | 1.8000 | 4 | T5   |
|       | B            |        |   |      |
|       | B            | 1.7000 | 4 | T4   |
|       | B            |        |   |      |
|       | B            | 1.7000 | 4 | T2   |
|       | B            |        |   |      |
|       | B            | 1.6500 | 4 | T3   |



## 14. Productividad

### Longitud

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 190

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

| Fuente         | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|----------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo         | 5  | 3.68473333        | 0.73694667           | 1.88    | 0.1489 |
| Error          | 18 | 7.07440000        | 0.39302222           |         |        |
| Total correcto | 23 | 10.75913333       |                      |         |        |

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Ev3 Media

0.342475 4.052019 0.626915 15.47167

| Fuente | DF | Cuadrado de Anova SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|----------------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 3.68473333           | 0.73694667           | 1.88    | 0.1489 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 191

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 5.0772            | 1.0154               | 2.29    | 0.0891 |
| Error  | 18 | 7.9819            | 0.4434               |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 192

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 0.393022 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |

Diferencia significativa mínima 1.4088  
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.  
Tukey Agrupamiento Media N trat

A 15.7800 4 T2  
A  
A 15.6900 4 T4  
A  
A 15.6550 4 T5  
A  
A 15.5550 4 T1  
A  
A 15.5350 4 T3  
A  
A 14.6150 4 T6

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 206

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media   | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 0.94083750               | 0.18816750 | 0.96    | 0.4656 |
| Error          | 18            | 3.51472500               | 0.19526250 |         |        |
| Total correcto | 23            | 4.45556250               |            |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev4 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.211160   | 2.693806 | 0.441885 | 16.40375  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media   | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 0.94083750              | 0.18816750 | 0.96    | 0.4656 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 207

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado<br>de la<br>cuadrados | media  | F-Valor | Pr > F |
|--------|---------------|--------------------------------|--------|---------|--------|
| trat   | 5             | 0.8195                         | 0.1639 | 2.07    | 0.1175 |
| Error  | 18            | 1.4285                         | 0.0794 |         |        |

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 0.195263 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 0.993    |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media   | N | trat |
|--------------------|---------|---|------|
| A                  | 16.7575 | 4 | T4   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 16.5725 | 4 | T1   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 16.3375 | 4 | T3   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 16.2950 | 4 | T6   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 16.2800 | 4 | T2   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 16.1800 | 4 | T5   |

## Rendimiento

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

trat 6 T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones 24

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 254  
Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media    | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|-------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 5395.343750              | 1079.068750 | 111.35  | <.0001 |
| Error          | 18            | 174.437500               | 9.690972    |         |        |
| Total correcto | 23            | 5569.781250              |             |         |        |

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Ev3 Media

0.968681 1.336424 3.113033 232.9375

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media    | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|-------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 5395.343750             | 1079.068750 | 111.35  | <.0001 |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 255

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | DF | Suma de<br>cuadrados | Cuadrado de<br>de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|----------------------|----------------------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 981.8                | 196.4                      | 1.86    | 0.1513 |
| Error  | 18 | 1897.5               | 105.4                      |         |        |

Sistema SAS 22:49 Wednesday, February 10, 2019 256

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa                                  | 0.05     |
| Error de grados de libertad           | 18       |
| Error de cuadrado medio               | 9.690972 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442  |
| Diferencia significativa mínima       | 6.9956   |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento      Media      N      trat

A    241.813    4    T3  
A  
A    240.625    4    T1  
A  
A    239.813    4    T5  
A  
A    238.375    4    T4  
A  
A    237.438    4    T2

B    199.563    4    T6  
Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase  
Clase      Niveles      Valores

trat            6    T1 T2 T3 T4 T5 T6

Número de observaciones    24

Sistema SAS    22:49 Wednesday, February 10, 2019 270

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev4

| Fuente         | Suma de<br>DF | Cuadrado de<br>cuadrados | la media    | F-Valor | Pr > F |
|----------------|---------------|--------------------------|-------------|---------|--------|
| Modelo         | 5             | 7036.333333              | 1407.266667 | 27.50   | <.0001 |
| Error          | 18            | 921.031250               | 51.168403   |         |        |
| Total correcto | 23            | 7957.364583              |             |         |        |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | Ev4 Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.884254   | 3.023281 | 7.153209 | 236.6042  |

| Fuente | DF | Cuadrado de<br>Anova SS | la media    | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------------|-------------|---------|--------|
| trat   | 5  | 7036.333333             | 1407.266667 | 27.50   | <.0001 |

Sistema SAS    22:49 Wednesday, February 10, 2019 271

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev4  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

| Fuente | Suma de<br>DF | Cuadrado<br>de la<br>cuadrados | media  | F-Valor | Pr > F |
|--------|---------------|--------------------------------|--------|---------|--------|
| trat   | 5             | 6835.8                         | 1367.2 | 1.39    | 0.2755 |
| Error  | 18            | 17736.2                        | 985.3  |         |        |

Sistema SAS    22:49 Wednesday, February 10, 2019 272

# Procedimiento ANOVA

## Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev4

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| Alfa                                  | 0.05    |
| Error de grados de libertad           | 18      |
| Error de cuadrado medio               | 51.1684 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.49442 |
| Diferencia significativa mínima       | 16.075  |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media   | N | trat |
|--------------------|---------|---|------|
| A                  | 246.375 | 4 | T5   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 245.313 | 4 | T1   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 244.250 | 4 | T3   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 242.875 | 4 | T4   |
| A                  |         |   |      |
| A                  | 242.375 | 4 | T2   |
|                    |         |   |      |
| B                  | 198.438 | 4 | T6   |

## ANEXO FOTOGRAFICO

