

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE AGROECOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS



Monografía para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical
Evaluación de tres tipos de sustratos alimenticios (trigol, maíz, sorgo) para la cría de *Sitotroga*
***cerealella* Olivier**

Elaborado por:
Br. Keyling Mercedes Díaz Ulloa.
Br. Cristhian Fernando Rodríguez Chevez.

Tutor:
Ing. Conrado Ronaldo Quiroz Medina.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE AGROECOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS



Monografía para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical
Evaluación de tres tipos de sustratos alimenticios (trigol, maíz, sorgo) para la cría de *Sitotroga*
***cerealella* Olivier**

Elaborado por:
Br. Keyling Mercedes Díaz Ulloa.
Br. Cristhian Fernando Rodríguez Chevez.

Tutor:
Ing. Conrado Ronaldo Quiroz Medina.

RESUMEN

La polilla de trigo (*Sitotroga cerealella* Olivier) juega un rol fundamental como hospedero en programas de control biológico, en particular en la producción de parasitoides y depredadores como *Trichogramma spp*, *Chrysoperla externa* y *Orius insidiosus*. El objetivo fue valorar el desempeño biológico y económico de tres sustratos nutricionales (trigol, maíz y sorgo) en la reproducción de *S. cerealella*. La investigación se realizó en el laboratorio del UIRCB-UNAN León, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), se usaron 108 libras de cada tratamiento con sustratos alimenticios: maíz, sorgo y trigol con tres repeticiones cada uno, las variables estudiadas comprendieron el peso de los huevos en vasos y marcos de oviposición, el peso de los adultos, la morfometría y la relación costo-beneficio. El trigol resultó ser el sustrato más eficaz, logró un peso promedio de los huevos de 0.59 g en vasos y 0.43 g en marcos de oviposición. La variable peso en gramos de repeticiones de 100 unidades de huevos de *Sitotroga cerealella* en el tratamiento trigol presenta mayor peso promedio 0.00193 gramos. El peso total de los huevos en trigol llegó a los 453 g, siendo superior a los demás sustratos de igual manera para la variable peso de adultos con 22.7 gramos en promedio. El estudio morfométrico reveló que los adultos criados con maíz mostraron dimensiones más amplias (5.49 mm de longitud y 1.48 mm de anchura). El trigol sobresalió con un costo por gramo de huevos de *Sitotroga cerealella* más bajo (US\$ 0.61) y una rentabilidad del 230 %.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Ing. Walter Reyes

Director específico de Agroecología y Agronegocios

Asunto: Solicitud de autorización defensa de monografía

Estimado Ing. Walter:

Me dirijo a usted respetuosamente para solicitar defensa de monografía titulada Evaluación de tres tipos de sustratos alimenticios (trigo, maíz, sorgo) para la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier, presentado por los bachilleres Br. Keyling Mercedes Díaz Ulloa y Br. Cristhian Fernando Rodríguez Chevez.

Área estratégica: Tecnología, Desarrollo y Energía Renovable.

Línea de Investigación: Control Biológico.

Esta fue revisada y estoy conforme con el documento final por lo que solicito atentamente aprobación para la defensa de este trabajo ante la instancia correspondiente, para llevar a cabo el acto académico.

Agradezco de antemano la atención prestada y quedo a disposición para cualquier información adicional que considere necesaria.

Sin otro particular, me despido cordialmente.

Atentamente,

Ing. Conrado Ronaldo Quiroz Medina

Docente

**Dirección específica de Agroecología y Agronegocios
UNAN-León**

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios por darme la fuerza, sabiduría y entendimiento para culminar este proceso.

A mi mamá, Dina Ulloa, por alentarme a seguir siempre adelante, por apoyarme en cada momento y por su amor incondicional.

Y finalmente a mi familia (padres, hermano, primos, tíos y abuelito), por creer en mí, por apoyarme incondicionalmente, por alentarme siempre, por ser mi rayo de luz y la razón de querer superarme día a día. Pero, sobre todo, le dedico todo mi esfuerzo que se ve reflejado en este trabajo a mi más grande amor, a mi segunda madre, a mi mamita linda Digna Méndez, que aunque físicamente no puede estar presente, sé que me cuida, me protege y me da ánimos desde el cielo, te dedico ésta y todas mis metas mi ángel hermoso.

Br. Keyling Mercedes Díaz Ulloa.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios omnipotente que brinda la vida, el alimento y la sabiduría necesaria para las oportunidades del día a día que con su gran voluntad me permitió progresar y culminar este camino lleno de conocimientos.

A mis familiares, mi Padre: Santos Rodríguez, mi Madre: Sandra Chévez y mi hermano Gabriel Rodríguez, que con esfuerzo y mucho amor me han apoyado en el transcurso de esta etapa de mi vida.

Br. Cristhian Fernando Rodríguez Chevez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por guiarme y darme la fortaleza en cada momento de este largo proceso.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y por ser el espacio para desarrollarme profesionalmente gracias al conocimiento y enseñanzas de sus docentes.

A mi tutor de tesis, Ing. Conrado Quiroz por su orientación, paciencia, tiempo y valiosos aportes durante la elaboración de este trabajo.

A mis asesores de tesis, Ing. Luis Moreno y Msc. Pedro Silva, por su apoyo incondicional, pero sobre todo por su disposición, tiempo y conocimiento compartido.

A los docentes de la Unidad de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (UIRCB), principalmente a Dayana y Dennis, gracias por compartir sus conocimientos y por el compromiso demostrado en el laboratorio.

A mis compañeros y amigos de la carrera, especialmente a Fiorela, Sonia, Regina, Osmarth, Bryan y por supuesto a mi compañero de tesis Cristhian, gracias por alentarme, por su apoyo físico y moral en este desafiante recorrido, fueron un pilar fundamental para mí, gracias por darme ánimos, alentarme y apoyarme.

A mi familia, que ha sido mi principal motor y mi refugio. Gracias por su apoyo emocional y económico, por estar en todo momento, pero más en los difíciles y por celebrar cada paso conmigo.

Br. Keyling Mercedes Díaz Ulloa.

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios Todopoderoso por su inagotable bondad y compasión, por brindarme la valentía, sabiduría y tenacidad requeridas para progresar en cada fase de este proceso académico y personal. Sin su orientación y luz, nada de esto podría haber sido factible.

A mi padre, Santos Rodríguez, quien ha sido siempre un pilar de inspiración en mi vida gracias a su modelo de integridad, esfuerzo y generosidad. Agradezco tu respaldo incondicional, tus recomendaciones, sabidurías y tu motivación constante, que me motivaron a no claudicar y continuar avanzando.

A mi madre, Sandra Chévez, cuyo cariño, dedicación y entrega constante han formado la base de todo lo que soy en la actualidad. Agradezco tu constante presencia en los momentos adversos, tu confianza en mí y cada gesto de afecto que me mantuvo firme durante este periodo.

A mi tutor de tesis, Ing. Conrado Quiroz, por su importante guía, paciencia y dedicación durante la realización de este estudio. Su respaldo continuo y sus recomendaciones técnicas resultaron esenciales para finalizar este estudio.

A mis asesores para la tesis, MSc. Pedro Silva y Msc. Luis Moreno, por brindar su tiempo, vivencias y saberes con gran disposición y dedicación. Agradezco su cercano apoyo y por proporcionarme herramientas esenciales para alcanzar este objetivo.

Toda la administración y profesorado del área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, agradecemos su compromiso, responsabilidad y vocación de servicio. Agradezco que cumplan con su honorable tarea de educar a profesionales íntegros y dedicados.

A todos aquellos que, de alguna forma u otra, participaron en este proceso: amigos, colegas y personas queridas. Cada palabra de confort y cada gesto de respaldo han marcado este trayecto que hoy concluye con gratitud y esperanza.

Br. Cristhian Fernando Rodríguez Chevez.

ÍNDICE

RESUMEN.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier.....	5
4.1.1. Clasificación taxonómica.....	5
4.2. Ciclo de vida y hábitos.	5
4.2.1. Huevos de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier.	6
4.2.2. Larva <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier.	6
4.2.3. Pupa <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier.	7
4.2.4. Adulto <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier.	7
4.3. Reproducción de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier para control biológico en laboratorio.....	7
4.3.1. Importancia de la reproducción de <i>S. cerealella</i> Olivier en laboratorio.....	7
4.3.2. Método de reproducción en laboratorio.	8
4.4. Factores abióticos que afectan la producción de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier en laboratorio	12

4.4.1. Temperatura.....	12
4.4.2. Humedad relativa.....	12
4.4.3. Calidad del sustrato.	13
4.4.4. Limpieza del laboratorio.	13
V. DISEÑO METODOLÓGICO	14
5.1. Descripción de la zona de estudio.	14
5.2. Tipo de estudio.	14
5.3. Diseño experimental.	14
5.4. Esquema o dibujo del diseño experimental.	14
5.4.1. Fase de preparación o etapa de incubación.	14
5.4.2. Fase de Emergencia de adultos.....	14
5.4.3. Fase de oviposición de adultos	15
5.5. Definición de los tratamientos.	15
5.5.1. Tratamiento Testigo – Trigol (<i>Triticum aestivum</i>).....	15
5.5.2. Maíz (<i>Zea mays</i>)	15
5.5.3. Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>).....	15
5.6. Definición y clasificación de las variables a evaluar.	15
5.6.1. Morfometría (alto y ancho) de los adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier	15
5.6.2. Peso de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier.....	16

5.6.3. Costos de producción de huevos de <i>S. cerealella</i> Olivier.	16
5.7. Medición de las variables y definición de la toma de muestra.	16
5.7.1. Morfometría (alto y ancho) de los adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier	16
5.7.2. Peso de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier.....	16
5.7.3. Costos de producción de huevos de <i>S. cerealella</i> Olivier	16
5.8. Establecimiento del experimento.....	17
5.9. Análisis de los resultados.....	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
VII. CONCLUSIÓN.....	29
VIII. RECOMENDACIONES	30
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
X. ANEXOS.....	37
10.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	37
10.2. TABLAS DE TOMA DE MUESTRAS	39
<u>10.3. ESQUEMA O DIBUJO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.</u>	<u>43</u>

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Peso de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i> en vasos.....	20
Tabla 2. Peso de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i> en marcos.	20
Tabla 3. Peso de los adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>.	22
Tabla 4. Peso en gramos de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>, en repeticiones de 100 unidades... 	23
Tabla 5. Largo de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i> unidad de medida mm.	24
Tabla 6. Ancho de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i> unidad de medida mm.....	25
Tabla 7. Cuadro comparativo de costos y rentabilidad de <i>Sitotroga cerealella</i> en tres sustratos.	28
Tabla 8. Peso de huevos y adultos de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier criados en diferentes sustratos alimenticios (trigo, maíz, sorgo).....	39
Tabla 9. Peso de huevos de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier en marcos de oviposición... 	39
Tabla 10. Peso de 100 huevos de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier seleccionados por repeticiones de cada tratamiento (trigo, maíz, sorgo).....	40
Tabla 11. Morfometría (alto y ancho) de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier en distintos sustratos alimenticios: trigo, maíz y sorgo millón.....	40
Tabla 12. Costos de producción de huevos: Registro de costos por tratamiento.	42

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Peso de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>. a) Peso de huevos en vasos, b) peso de huevos de marcos.	20
Figura 2. Peso de los adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>.....	21
Figura 3. Peso en gramos de repeticiones de 100 unidades de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>..	22
Figura 4. Morfometría de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>. a) Largo de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>, b) Ancho de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>.....	24
Figura 5. Promedios de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i> en el lapso temporal de la investigación.	26
Figura 6. Peso total producido de huevos de <i>Sitotroga cerealella</i>.....	27
Figura 7. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento trigol.	43
Figura 8. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento maíz.	44
Figura 9. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento sorgo.	45
Figura 10. Fase de oviposición de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>.	46
Figura 11. Fase de emergencia de adultos de <i>Sitotroga cerealella</i>.....	46
Figura 12. Procedimiento de desinfección térmica de A1) sustratos alimenticios y A2) jaulas de incubación. B1) Pesaje de huevos de <i>S. cerealella</i>. B2) Huevos de <i>S. cerealella</i> correctamente desinfectados con formalina en proceso de secado. C1) Pesaje de nueve gramos de huevos de <i>S. cerealella</i>. C2) Nueve gramos de huevos de <i>S. cerealella</i> listos para el proceso de incubación en su debido sustrato alimenticio.....	50
Figura 13. Sustratos alimenticios con huevos de <i>S. cerealella</i> en jaulas de incubación. A) Trigol, B) Maiz, C) Sorgo.....	50
Figura 14. A) Proceso de establecimiento de las jaulas de incubación a los gabinetes de oposición y su debida rotulación por tratamiento. B) Recipientes de recolección de huevos de <i>S. cerealella</i> en los gabinetes de oposición. C) Jaulas de oviposición establecidos para producción de huevos de <i>S. cerealella</i>.	51
Figura 15. A) Extracción del recipiente con huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> de jaulas de oviposición. B) proceso de depuración y extracción de huevos y adultos. C) Huevos de <i>S. cerealella</i> limpios de escamas y impurezas. D) pesaje de huevos de <i>S. cerealella</i> según su tratamiento y repetición.	51

Figura 16. A) Bandejas de la fase de oviposición donde el adulto de <i>S. cerealella</i> termina su ciclo de vida. B1) Adultos de <i>S. cerealella</i> que culminaron su ciclo de vida. B2) Huevos de <i>S. cerealella</i> de la fase de oviposición en bandejas. B3) Bandejas de la fase de oviposición con adultos y huevos de <i>S. cerealella</i>. B4) Masa de huevos blancos de <i>S. cerealella</i> observables en la bandeja de la fase de oviposición.....	52
Figura 17. A) Huevos blancos y rojos extraídos de los recipientes de las jaulas de oviposición. B) Huevos de <i>S. cerealella</i>.....	52
Figura 18. A) Observación y pesaje de 100 unidades de huevos de <i>S. cerealella</i>. B) Peso en gramos de los recipientes de recolección con adultos de <i>S. cerealella</i>.	53
Figura 19. Adultos de <i>S. cerealella</i>. Provenientes de diferentes dietas con sustratos alimenticios de A) Trigo, B) Maíz, C) Sorgo.....	53

I. INTRODUCCIÓN

La cría de *Sitotroga cerealella* Olivier, conocida comúnmente como la polilla del trigo, es una práctica esencial en la investigación y el desarrollo de estrategias de control biológico para plagas en granos almacenados. Esta polilla es uno de los principales hospederos o fuente de alimento para la cría de controladores biológicos. En particular, el uso de sustratos alimenticios para la cría de *S. cerealella* es un aspecto crítico que influye en la eficacia del proceso y en la rentabilidad de los programas de control biológico (Pérez & Pacheco, 2002).

Un desafío notable en la cría de *S. cerealella* es la elección del sustrato adecuado, se ha utilizado trigol como sustrato principal debido a su efectividad (Otondo et al., 2014). Sin embargo, el alto costo del trigol ha llevado a la necesidad de buscar alternativas más económicas y fáciles de acceso. Diversos estudios han explorado el uso de diferentes tipos de cereales como sustratos para mejorar la cría de *S. cerealella* y optimizar la producción de huevos para la cría masiva de *trichogramma* spp. (Méndez et al., 2016; López, 2009).

Estudio realizado por Otondo et al. (2014) demostró que el tratamiento térmico de variedades específicas de trigo podía aumentar la fecundidad de *S. cerealella*. Así mismo, Gandica et al. (2022) encontraron que el maíz criollo podría servir como un sustrato alternativo viable, destacando la necesidad de evaluar otras opciones más allá del trigo convencional. Salim et al. (2023) confirmaron que el maíz es un hospedador favorable para el desarrollo de *S. cerealella*, sugiriendo que podría ser una opción prometedora para sustituir al trigo en condiciones de laboratorio.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el desempeño de tres sustratos alimenticios: trigol, maíz y sorgo, en la cría de *S. cerealella* Olivier, con el fin de identificar cuál de ellos proporciona mejores resultados bajo condiciones controladas de laboratorio (28 °C). Se tomaron en cuenta variables clave como la producción total de huevos, peso promedio de huevos en vasos y marcos de oviposición, peso de adultos, morfometría (largo y ancho del cuerpo), proporción sexual y análisis costo-beneficio. La selección de estos sustratos responde a la necesidad de optimizar los procesos de cría, reduciendo costos y mejorando la eficiencia en la obtención de huevos, que son esenciales como hospedadores en la producción masiva de agentes de control biológico como *Trichogramma* spp., *Chrysoperla externa* y *Orius insidiosus*.

La importancia de este estudio radica en su potencial para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de la producción de *S. cerealella*. Al evaluar alternativas como el maíz, el sorgo y trigo, se busca identificar opciones que puedan ofrecer un balance entre eficiencia, costo y sostenibilidad (Pérez & Pacheco, 2002; Gandica et al., 2022).

También contribuirá al conocimiento científico al explorar el impacto de diferentes sustratos alimenticios en la cría de *S. cerealella*. A través de un análisis comparativo, se pretende identificar cuál de los sustratos evaluados proporciona una mayor tasa de producción de huevos, mejor emergencia de adultos, y cómo estos factores afectan la viabilidad económica del proceso. Los resultados esperados de esta investigación tienen el potencial de beneficiar a los agricultores y a los programas de control biológico al ofrecer alternativas más económicas y eficientes, contribuyendo así a la mejora general de la producción de *Trichogramma* spp (Otondo et al., 2014; López, 2009).

II. OBJETIVOS

General:

Evaluar sustratos alimenticios (trigol, maíz, sorgo) para la cría de *S. cerealella* Olivier en condiciones de laboratorio en el Centro de Investigación de Ciencias Agrarias y Veterinaria.

Específicos:

Determinar la producción de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier, criados en sustratos alimenticios de trigol, maíz y sorgo.

Determinar la morfometría (alto y ancho) de adultos de *S. cerealella* Olivier criados en los sustratos alimenticios de trigol, maíz, sorgo.

Comparar los costos asociados con la producción de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier en función de los sustratos alimenticios utilizados, trigol, maíz y sorgo.

III. HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación (Hi):

El uso de trigol, maíz y sorgo como sustratos en la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier influirá en la producción de huevos y adultos, mejorará la morfometría (longitud y ancho de los adultos) y generará variaciones en la comparación de los costos asociados a su producción.

Hipótesis nula (Ho):

No habrá diferencias significativas en los tratamientos trigol, maíz y sorgo como sustratos alimenticios para *S. cerealella* Olivier en la producción de huevos y adultos, morfometría (longitud y ancho de los adultos) y en la comparación de costos asociados a la producción de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier.

Hipótesis alternativa (Ha):

Habrà diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos trigol, maíz y sorgo como sustratos alimenticios para *S. cerealella* Olivier en la producción de huevos y adultos, morfometría (longitud y ancho de los adultos) y en la comparación de costos asociados a la producción de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. *Sitotroga cerealella* Olivier.

4.1.1. Clasificación taxonómica.

- Reino: Animalia
 - Filo: Arthropoda
 - Clase: Insecta
 - Orden: Lepidoptera
 - Familia: Gelechiidae
 - Subfamilia: Apatetrinae
 - Género: *Sitotroga*
 - Especie: *Cerealella* Olivier, 1789
(MNHN & OFB, 2025).

4.2. Ciclo de vida y hábitos.

El ciclo de vida total de *S. cerealella* desde el huevo hasta el adulto ocupa de 35 a 45 días con un promedio de 41.4 ± 3.54 días. El período pupal varía de 7,2 a 8,2 días y el período de longevidad adulta varía de 7,2 a 8,4 días para las hembras, 6,8 a 7,6 días para los machos, respectivamente en el maíz. El ciclo de desarrollo varía de 37 días a 45 días en trigo y el ciclo de vida total se completó en 27 a 40 días (Basavanjali et al., 2020).

Entre ochenta y doscientos huevos son depositados en el exterior del grano, en surcos o agujeros hechos por otros insectos, y las larvas recién eclosionadas perforan el grano. La larva permanece dentro del grano hasta que emerge como adulto. El número de huevos depende del alimento y/o la temperatura. Dos o tres larvas pueden desarrollarse en un grano de maíz, pero de otros granos solo puede producirse un adulto. El último estadio larval generalmente teje un capullo de seda dentro de la cavidad de alimentación. La pupa puede ser de color marrón rojizo a casi negro, dependiendo de la edad (Mason, 2018).

Los adultos emergen a través de un pequeño agujero redondo en el grano. Al emerger como adultos, las hembras se desplazan a una superficie sobre el alimento para liberar la feromona

sexual. Los machos son atraídos por esta feromona para el apareamiento. El tiempo de desarrollo desde el huevo hasta el adulto varía con la temperatura, siendo de 30 días a 30°C (86°F) y 40 días a 25°C (77°F). La temperatura/RH mínima para el desarrollo es de 16°C (60.8°F) /30% RH; la óptima es de 30°C (86°F) /75% RH y la máxima es de 36°C (95°F). Los adultos generalmente tienen una vida corta (aproximadamente 7 días) y no se alimentan (Mason, 2018).

Como muchas polillas, el momento pico de actividad de vuelo es el crepúsculo. Las hembras se posan en el grano y son estimuladas para ovipositar. El aire que ha pasado a través del grano, especialmente el grano que tiene algún crecimiento de moho actúa como atrayente. *S.cerealella* puede coexistir con el gorgojo serrado de los granos. Sin embargo, el gorgojo del maíz o los barrenadores de granos menores suprimen totalmente las poblaciones *S. cerealella*. La larva permanece en estado de letargo durante cuatro a cinco meses durante el invierno en climas más fríos. Generalmente hay cuatro o cinco generaciones por año, aunque en almacenes climatizados puede haber hasta 10 a 12 generaciones (Mason, 2018).

4.2.1. Huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier.

La polilla hembra pone de 70 a 180 huevos, con un promedio de 110 huevos. El huevo recién eclosionado tiene forma ovalada, de color blanco cremoso, pero gradualmente cambia a rosado con la edad. El período de oviposición y el período de incubación dura de 2,4 a 2,6 días y de 3,9 a 4,26 días, respectivamente, con un promedio de $2,5 \pm 0,53$ días y de $4,1 \pm 0,70$ días, respectivamente. El período promedio de fecundidad e incubación de *S. cerealella* en maíz, varía de 106.7 a 146.3 y 4.3 a 5.7 días, respectivamente y el período promedio de incubación y fecundidad promedio son de 6.23 ± 0.07 días y 100.57 huevos por hembra, respectivamente (Basavanjali et al., 2020).

4.2.2. Larva *Sitotroga cerealella* Olivier.

Las larvas tienen cinco estadios y las larvas recién eclosionadas de todos los estadios son de color blanco amarillento con una cabeza de color marrón claro. La duración promedio de los estadios larvales son: primer 2.5 ± 0.47 días, segundo 3.2 ± 0.59 días, tercero 9.6 ± 0.70 días, cuarto 4.1 ± 0.52 días y quinto 4.9 ± 0.74 días (Basavanjali et al., 2020).

El período larvario total varía de 23.4 a 27.5 días. La diminuta larva vive dentro de un grano, después de entrar en el grano, la larva a menudo gira y prácticamente cierra el orificio de entrada con una tela de seda. La vida larvaria comienza entonces en un ambiente de abundancia de alimento

y seguridad y continúa en ese estado hasta que está completamente desarrollada a unos 5 mm en dos o tres semanas. El período larvario total de *S. cerealella* es de 25,2 días en el arroz y el período medio de desarrollo de los estadios larvales 1º, 2º, 3º y 4º dura 3,0, 4,1, 4,4 y 4,5 días respectivamente en arroz (Basavanjali et al., 2020).

4.2.3. Pupa *Sitotroga cerealella* Olivier.

La pupa es de color marrón, se desarrolla dentro del capullo sedoso y se requirió un total de $6,3 \pm 0,95$ días para la etapa de pupa en condiciones de laboratorio (Basavanjali et al., 2020).

4.2.4. Adulto *Sitotroga cerealella* Olivier.

La longevidad de las hembras es mayor que la de los machos. La longevidad adulta es de $8,5 \pm 0,85$ días para las hembras y de $6,1 \pm 1,10$ días para los machos. El adulto era una polilla gris o de color beige, con manchas más oscuras en las alas delanteras. El ápice de las alas posteriores estaba bordeado de pelos, que estaban puntiagudos hacia las puntas y muy separados de modo que el abdomen es parcialmente visible (Basavanjali et al., 2020).

4.3. Reproducción de *Sitotroga cerealella* Olivier para control biológico en laboratorio.

4.3.1. Importancia de la reproducción de *S. cerealella* Olivier en laboratorio.

La introducción del cultivo del algodón en el Occidente de Nicaragua provocó cambios significativos en el entorno debido al uso desmedido de plaguicidas, lo que generó resistencia en las plagas como el bellotero (*Helicoverpa zea*), la langosta medidora (*Alabama argillacea*) y diversas especies de *Spodoptera* que antes no tenían relevancia económica. En respuesta a esta problemática, la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León) comenzó investigaciones en 1982 sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, un parasitoide de huevos de lepidópteros de la familia *Noctuidae*, con el objetivo de encontrar alternativas al control químico de plagas (Cano, 2001).

Flander fue pionero en criar *Trichogramma* utilizando huevos de *S. cerealella* como huéspedes, con técnicas que luego se desarrollaron en otros países como Alemania Federal, Perú y Colombia. Estudios posteriores, como los de Navarro y Zenner (Cano, 2001), demostraron altos porcentajes de parasitismo y emergencia de *Trichogramma* bajo condiciones de laboratorio.

Basándose en estas experiencias, se estableció una cría de *Trichogramma* en el laboratorio de Control Biológico de la UNAN con el fin de realizar investigaciones básicas y producir el

parasitoide en masa para su liberación en el campo. La recolección y posterior identificación del parasitoide se llevó a cabo en diferentes regiones de Nicaragua, con validación por expertos como el Dr. David Vincent y el Dr. J. D. Pinto (Cano, 2001).

La producción masiva del parasitoide en Nicaragua ha sido exitosa, lo que ha permitido su liberación en varios cultivos en León y Chinandega, logrando altos porcentajes de parasitismo en huevos de varias plagas de importancia económica. Esto ha llevado a obtener financiamiento para la construcción de laboratorios de producción de *Trichogramma* y *Chrysopa spp.*, ofreciendo precios más accesibles para los productores en Nicaragua y otros países de América Central (Cano, 2001).

4.3.2. Método de reproducción en laboratorio.

El método de reproducción en laboratorio de *S. cerealella* implica un proceso meticuloso que se lleva a cabo en los Laboratorios de la UNAN-León. Inicialmente, se inocula un pie de cría de *S. cerealella* en marcos de incubación que contienen trigo como sustrato. Estos marcos se ubican en condiciones controladas de humedad y temperatura hasta que los adultos comienzan a emerger.

Para evitar el aumento de temperatura en los ambientes de producción debido al metabolismo de los insectos, se ha separado el proceso de incubación del crecimiento y oviposición de los adultos. Esta separación ha resultado en una mejora significativa en los rendimientos.

Una vez que los marcos con los adultos están listos, se transfieren a gabinetes, donde permanecen en producción durante 20 a 30 días. Durante este período, se cosechan los adultos y los huevos, que se depositan en un recipiente o vaso colector situado en la parte inferior de los gabinetes. Posteriormente, estos huevos se trasladan a marcos específicos de oviposición.

Los huevos recolectados se someten a un proceso de limpieza y se adhieren a trozos de cartulina para luego exponerlos a la parasitación por parte del pie de cría de *Trichogramma pretiosum*, todo bajo condiciones controladas. Una vez parasitados, los huevos se conservan en refrigeración hasta su posterior liberación en el campo, contribuyendo así al control biológico de plagas (Cano, s.f).

4.3.3. Sustratos alimenticios utilizados para la crianza de *Sitotroga cerealella* Olivier.

4.3.3.1. Trigo (*Triticum aestivum*).

En Nicaragua, se produce en menor medida, en el año 2012 se registró un precio de 900 córdobas por quintal como grano y 1200 córdobas como semilla en los mercados de Estelí y Jinotega (C. Estrada et al., 2016). Mientras tanto, a nivel mundial, la Unión Europea (UE), China (Ch), India (In), Estados Unidos (EU) y Rusia (Ru) se destacan como los principales consumidores (Md) y productores (Ms) de trigo, con un crecimiento significativo en la demanda y la oferta en los últimos años. A pesar de esto, la brecha entre los principales consumidores y productores, junto con la volatilidad en los precios, plantea desafíos importantes para el mercado del trigo (Estrada et al., 2016).

En el ensayo realizado en el laboratorio de biocontroladores del Centro de Investigación en Biotecnología del Instituto Tecnológico, para la cría de *Sitotroga cerealella* (Olivier), con el objetivo es establecer una metodología de cría masiva para utilizar estas polillas como hospedero del depredador *Chrysoperla* sp. Para ello, se construyó una estructura metálica adaptada para albergar bandejas con sustrato de trigo, el cual servirá para el desarrollo de las polillas y la recolección de huevos posteriormente (Palma et al., 2011).

El estudio sobre la historia de vida y la actividad amilolítica digestiva de la polilla del grano de Angoumois, *Sitotroga cerealella* Olivier (*Lepidoptera: Gelechiidae*), se realizó en seis cultivares de trigo (Arg, Bam, Nai 60, Pishtaz, Sepahan y Shanghai) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, con una humedad relativa del $65 \pm 5\%$ y un fotoperiodo de 16:8 (L:D) h. La fecundidad y fertilidad realizadas más altas se registraron para las hembras que provenían de larvas alimentadas con el cultivar Bam (93.30 ± 2.10 huevos/hembra y $91.90 \pm 3.10\%$, respectivamente); y las más bajas se observaron para las hembras que provenían de larvas alimentadas con el cultivar Sepahan (49.30 ± 4.50 huevos/hembra y $67.4 \pm 11.1\%$, respectivamente). Los pesos más altos de machos y hembras de *S. cerealella* se observaron en el cultivar Bam (2.97 ± 0.02 y 4.80 ± 0.01 mg, respectivamente). Según los resultados obtenidos, el cultivar Sepahan es un hospedero desfavorable para la alimentación y el desarrollo de *S. cerealella* (Borzoui y Naseri, 2016).

Jena et al. (2023) llevó a cabo un estudio para determinar la biología de *S. cerealella* Olivier en trigo almacenado, *Triticum aestivum* L. Durante el periodo 2021-22 a una temperatura de $30.25 \pm 0.25^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del $75.00 \pm 5.06\%$. El período medio de oviposición, incubación y

larval-pupal de *S. cerealella* fue de 3.5 ± 0.61 , 4.2 ± 1.01 y 26.7 ± 1.38 días, respectivamente. La longevidad promedio de los machos y hembras fue de 10.25 ± 0.97 y 7.60 ± 0.75 días, respectivamente. Las medidas promedio de longitud y ancho de los huevos fueron de 0.61 ± 0.05 y 0.31 ± 0.02 mm, respectivamente. Las medidas promedio de longitud y ancho (a través de las alas expandidas) de los machos fueron de 3.82 ± 0.26 y 7.70 ± 0.31 mm, respectivamente, mientras que las polillas hembras midieron en promedio 4.25 ± 0.26 mm de longitud y 9.61 ± 0.46 mm de ancho. El ciclo de vida total promedio de machos y hembras de *S. cerealella* fue de 38.5 ± 1.79 y 41.15 ± 1.87 días, respectivamente.

El estudio sobre el parasitismo y superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) en huevos de *S. cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae). Se utilizó como sustrato huevos de *S. cerealella* criados en dieta a base de trigo en grano. El objetivo era comprender mejor los resultados del parasitismo y superparasitismo, investigando las características biológicas y conductuales de *Trichogramma pretiosum* Riley al parasitar los huevos de *S. cerealella*. Los resultados mostraron que *Trichogramma pretiosum* rechaza el parasitismo en huevos previamente parasitados después de 24, 72 y 120 horas de parasitismo, con una mayor tasa de rechazo en los huevos parasitados después de 72 y 120 horas en comparación con los huevos parasitados después de 24 horas (Moreira et al., 2009).

4.3.3.2. Maíz (*Zea mays*).

El maíz desempeña un papel fundamental en la dieta de los nicaragüenses, siendo consumido por aproximadamente el 80% de la población en forma de tortilla y representando alrededor del 29% de la energía dietética del país. Además, se observa una disparidad en el gasto destinado a este alimento entre los quintiles de ingresos, siendo el quintil más pobre el que destina aproximadamente el 2.0% de sus ingresos, mientras que el quintil más rico solo destina una fracción de ese porcentaje, según datos del Banco Central de Nicaragua (Castillo y Bird, 2017).

El estudio sobre los efectos de la calidad de los alimentos en la biología y los rasgos fisiológicos de *S. cerealella* Olivier. A los tipos de granos como sustrato alimenticio (maíz, cebada, centeno, sorgo, triticale y trigo), encontrando que la duración larval y pupal fue más corta en triticale y trigo, y más larga en sorgo. Las larvas alimentadas con triticale y trigo mostraron una mayor cantidad de actividad de α -amilasa que las alimentadas con otros granos (Borzoui et al., 2016).

El estudio sobre la biología y las técnicas de detección de la polilla del grano de Angoumois, *S. cerealella* (Olivier.) (*Lepidoptera: Gelechiidae*). Se realizó en condiciones de laboratorio a 31 °C y 90 ± 5 % de humedad relativa. Se examinaron los tiempos de desarrollo de las diferentes etapas larvales en granos de arroz y maíz, encontrando que, en arroz, las larvas pasaron entre 3.0 y 4.5 días en cada instar, mientras que en maíz, este tiempo fue de entre 4.4 y 5.6 días. La técnica de detección más efectiva fue la tinción con fucsina ácida, seguida del método del embudo de Tullgren, el método de flotación y el método visual, siendo el método del embudo de Tullgren especialmente eficaz para extraer larvas de primer instar (Saikia et al., 2014).

Se realizó un estudio de tabla de vida para la polilla de los granos de Angoumois, *S. cerealella* (Olivier). Como parte de la expansión de un modelo de simulación matemática desarrollado para dos plagas de maíz almacenado. El sustrato utilizado fue una variedad de maíz de Benin (Gbogbe), Se investigaron los efectos de cuatro temperaturas (20, 25, 30 y 35°C) y dos niveles de humedad relativa (44 y 80%) en el tiempo de desarrollo, la supervivencia específica por edad y la fecundidad, la proporción sexual y la tasa intrínseca de aumento natural de *S. cerealella* (Hansen et al., 2004).

El estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar la viabilidad de las semillas de maíz infestadas con la polilla del grano de anguila, *S. cerealella* (Olivier). Se examinaron semillas de dieciséis cultivares de maíz en el Insectario del Departamento de Entomología Agrícola, TNAU, Coimbatore. Todos los híbridos de maíz fueron evaluados en cuanto a cambios en la calidad de la semilla en términos de porcentaje de germinación, peso de cien granos, longitud del brote, longitud de la raíz, longitud de la plántula, producción de materia seca e índice de vigor después del daño causado por *S. cerealella*. Se observó una reducción significativa en la calidad de la semilla en todos los híbridos de maíz debido al daño causado por *S. cerealella* (Muthukumar y Ragumoorthi, 2017).

4.3.3.3. Sorgo (*Sorghum bicolor*).

El sorgo es el quinto cereal más importante a nivel mundial, después del trigo, maíz, arroz y cebada. En Nicaragua, ocupa el cuarto lugar entre los granos básicos, y se cultiva principalmente en los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas, que son las zonas con mayor producción. Otras zonas como Estelí, Boaco, Chontales, Río San Juan y RACCS también lo cultivan, aunque en menor escala, utilizando variedades criollas o híbridas. En

Nicaragua, se cultivan tres tipos de sorgo: el industrial (grano rojo), que se usa para alimentos balanceados para animales; el maicillo (grano blanco), que tiene un ciclo corto y se destina al consumo humano; y el millón (criollo), que es fotoperiódico y tiene diversos usos. Se han registrado 20 cultivares de sorgo, de los cuales 13 son de producción nacional y 7 importados. Las variedades autorizadas para producción y comercialización incluyen Pinolero 1, INTA CNIA, INTA Maravilla, INTA L-418 (sorgo escobero) y otras (MEFCCA, s.f.).

El estudio realizado por Hamed y Nadeem (2012) examinó el efecto de siete cereales (sorgo, trigo, avena, mijo, arroz sin cáscara, cebada y maíz) en el desarrollo de *S. cerealella* (Olivier) y la calidad subsiguiente del parasitoide de huevos, *Trichogramma chilonis* (Ishii). Los resultados indicaron que el sorgo fue el sustrato que produjo la mayor progenie adulta. Además, se observó que el tamaño de los huevos y la fecundidad variaban significativamente entre las polillas alimentadas con diferentes cereales, siendo los huevos más grandes producidos por polillas alimentadas con maíz.

4.4. Factores abióticos que afectan la producción de *Sitotroga cerealella* Olivier en laboratorio.

4.4.1. Temperatura.

La temperatura juega un papel crucial en el desarrollo y la supervivencia de las plagas de almacenamiento. Se ha determinado que existen umbrales específicos de temperatura que afectan el crecimiento y la supervivencia de estas plagas. Se identifica una temperatura óptima de 30° C con una humedad relativa del 60% para un desarrollo ideal. Se destaca que, a 60° C, el insecto muere en todas sus etapas (García, 2018).

4.4.2. Humedad relativa.

La humedad relativa del ambiente es otro factor determinante en el ciclo de vida y el crecimiento de las plagas de almacenamiento. Se establecen umbrales específicos de humedad relativa que influyen en el desarrollo de estas plagas, como un mínimo del 75% para temperaturas de 15° C y un máximo del mismo porcentaje para temperaturas de 35° C. Se destaca que las condiciones ideales para la mayoría de los insectos asociados a productos almacenados son temperaturas de 25-30 °C y una humedad relativa de 65-75%. Por encima o por debajo de estas condiciones, el crecimiento y la movilidad de los insectos se ven afectados, y en condiciones extremas, puede provocar la muerte del insecto (García, 2018).

4.4.3. Calidad del sustrato.

Se ha identificado el parasitoide que pertenece al género *Habrobracon Ashmead*, y su presencia en las colonias de *S. cerealella* está vinculada a una falta de esterilización adecuada del alimento, en este caso, el trigo, y a condiciones higiénicas deficientes (Ramírez et al., 2006) calculó que una parte del veneno de este insecto, por 200, 000,000 de partes de sangre del hospedero, es suficiente para inducir una parálisis permanente en la larva (Ramírez et al., 2006).

4.4.4. Limpieza del laboratorio.

Otra opción es realizar la desinfección mediante un procedimiento químico (Phostoxin) en envases herméticos, durante 4-5 días, o con un procedimiento hidrotérmico en el cual se hierve por tres minutos el trigo en una olla, dentro de una manta; luego se escurre y se deja secar. Además, es importante garantizar la limpieza de los recipientes en los que se almacenó el sustrato.

Otro punto que garantiza la sobrevivencia de la polilla es la ausencia de ácaros, por lo que se debe realizar una desinfección de los huevos mediante el uso de un acaricida; la dosis es la recomendada según el fabricante, durante aproximadamente tres minutos. Además, se debe hacer una limpieza exhaustiva de los restos de escamas de polillas, patitas, cabezas, esto con la ayuda de tamices, pinzas y pinceles finos (Palma et al., 2011).

V. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Descripción de la zona de estudio.

El estudio se realizó en la Unidad de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos (UIRCB) del Centro de Investigación de Ciencias Agrarias y Veterinaria, UNAN-León en el laboratorio de *S. cerealella* Olivier, presenta temperatura promedio de 28°C y la humedad relativa de 40%.

5.2. Tipo de estudio.

Se implementó un estudio cuantitativo experimental, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con muestreos en forma de censo. El diseño es experimental porque se manipularon variables (sustratos) para evaluar su efecto sobre la cría de *S. cerealella* (Hernández y Mendoza, 2018).

5.3. Diseño experimental.

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA). Cada unidad experimental fueron cada uno de los 27 marcos de incubación, los que estaban distribuidos en gabinetes de producción, cada marco de incubación tuvo 12 libras de sustrato y 9 gramos de huevos de *S. cerealella* Olivier (Vargas y Solís, 2000). Cada uno de los tratamientos cuenta con tres repeticiones y tres unidades experimentales por repetición.

5.4. Esquema o dibujo del diseño experimental.

5.4.1. Fase de preparación o etapa de incubación. Se usaron marcos de oviposición, hechos de madera o metal, con dimensiones de 90 cm de longitud, 3.5 cm de grosor y 47 cm de altura, con tres secciones de 26 cm cada una (Figura 7,8,9 en anexos pág. 43-45). Con capacidad de almacenar 6 Kg. de trigo. Los marcos se disponen en ángulo sobre estantes metálicos que miden 200 cm de alto, 85.7 cm de ancho y 337 cm de largo. La separación entre los marcos es de 14.5 cm (Pérez y Pacheco, 2002).

5.4.2. Fase de Emergencia de adultos (ver figura 11 en anexos pág. 46). Se desarrolla en la sala de emergencia de adultos, donde se ubican los contenedores de recolección de huevos de *S. cerealella* Olivier. Estos contenedores son estructuras metálicas de 183 cm de alto y 90 cm de ancho, sostenidos por 4 patas de 125 cm de altura cada una, revestidos con mallas plásticas número 20. Cada contenedor puede albergar 10 marcos de incubación; la recolección de huevos se realiza

en pequeños recipientes plásticos de 18 cm de alto y 41 cm de diámetro, dispuestos en la parte inferior del contenedor y conectados a través de un embudo plástico de 98 cm de largo y 368 cm de diámetro mayor (Pérez y Pacheco, 2002).

5.4.3. Fase de oviposición de adultos (ver figura 10 en anexos pág. 46).

Los adultos capturados en los vasos de recolección previamente separados de los huevos se introducen en marcos metálicos diseñados para la oviposición. El objetivo es maximizar la puesta de huevos de los adultos. Los marcos tienen unas dimensiones de 51.5 cm de largo, 42.7 cm de ancho y 4.5 cm de altura, y están recubiertos con malla plástica número 20. Luego, se colocan en estantes metálicos con una altura de 184 cm, un ancho de 52 cm y un largo de 200 cm. (Pérez y Pacheco, 2002).

5.5. Definición de los tratamientos.

5.5.1. Tratamiento Testigo – Trigol (*Triticum aestivum*). Este tratamiento consistió en utilizar trigo como sustrato de alimentación para la cría de *S. cerealella* Olivier en condiciones de laboratorio a una temperatura de 26-28°C. Cada repetición con tres marcos de oviposición, con doce libras de trigo como sustrato alimenticio y nueve gramos de huevos de *S. cerealella* Olivier.

5.5.2. Maíz (*Zea mays*). En este tratamiento se utilizó maíz como sustrato de alimentación para la cría de *S. cerealella* Olivier en el laboratorio. Cada repetición tuvo 3 marcos de oviposición, cada uno con doce libras del sustrato alimenticio y nueve gramos de huevos de *S. cerealella* Olivier. Los marcos de incubación y oviposición permanecieron a temperaturas de 26-28°C.

5.5.3. Sorgo (*Sorghum bicolor*). Este tratamiento consistió en emplear sorgo como sustrato de alimentación para la cría de *S. cerealella* Olivier en el ambiente controlado del laboratorio. Cada repetición tuvo tres marcos de oviposición, con doce libras del sustrato alimenticio cada uno y nueve gramos de huevos de *S. cerealella* Olivier. Los marcos de incubación y oviposición se trataron en las mismas condiciones a una temperatura de 26-28°C.

5.6. Definición y clasificación de las variables a evaluar.

5.6.1. Morfometría (alto y ancho) de los adultos de *S. cerealella* Olivier. El análisis de la morfometría (alto y ancho) de los adultos de *S. cerealella* Olivier es una variable cuantitativa, medida en unidades de longitud (milímetros) para el alto y el ancho de los insectos. Esta variable fue evaluada con los adultos de *S. cerealella* sometido en los tres sustratos alimenticios utilizados en el estudio: trigol, maíz y sorgo. El propósito fue determinar si existe

alguna variabilidad en las medidas morfométricas de los adultos de *S. cerealella* en función del tipo de sustrato proporcionado durante su desarrollo.

5.6.2. Peso de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier. Las medidas de peso de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier se clasifican como variables cuantitativas. Estas mediciones se realizaron en gramos. Los resultados obtenidos se compararon entre los tres tratamientos de sustratos alimenticios utilizados en el estudio.

5.6.3. Costos de producción de huevos de *S. cerealella* Olivier. Los costos de producción de huevos se definen como una variable cuantitativa, medida en moneda local por unidad de producción, calculando y comparando los costos y ganancias teniendo como referencia el precio de venta por un gramo de huevos de *S. cerealella*. Estos costos se compararon entre los tres tratamientos de sustratos alimenticios utilizados en el estudio para evaluar su eficacia económica.

5.7. Medición de las variables y definición de la toma de muestra.

5.7.1. Morfometría (alto y ancho) de los adultos de *S. cerealella* Olivier. La medición se llevó a cabo mediante el uso de un estereoscopio (7X-45X Dual Lit 6W LED Trinocular Stereo Zoom Microscopio (SMDG-2T-6WB)), teniendo como base una hoja milimetrada para obtener las dimensiones de cada individuo. La toma de muestra se realizó, seleccionando un número representativo (300 adultos de *S. cerealella* para cada tratamiento) de adultos de cada sustrato, y se registraron las medidas de longitud y ancho de los insectos para evaluar posibles diferencias en las medidas morfométricas en función del tipo de sustrato.

5.7.2. Peso de huevos y adultos de *S. cerealella* Olivier. Los datos de marcos de oviposición y vasos provenientes de los gabinetes de producción de cada tratamiento, los cuales fueron pesados con una báscula de precisión (MH-Series Pocket Scale). El peso de los adultos se midió tomando el total de adultos emergidos de cada repetición, el peso de huevos 100 unidades contenía nueve repeticiones de los tres tratamientos pesaje tomado en una balanza analítica, los cuales fueron pesados de forma individual. La toma de muestras para marcos y vasos se realizó durante dos ciclos de vida de los insectos diariamente, con el fin de obtener datos representativos de los pesos en función del tipo de sustrato alimenticio utilizado en cada tratamiento (trigol, maíz y sorgo).

5.7.3. Costos de producción de huevos de *S. cerealella* Olivier: Representan los gastos asociados con la producción de huevos de *S. cerealella* Olivier en el contexto del estudio. En este caso específico, se evaluó el costo total de gramos de huevos recolectados como una medida

estándar. Estos costos incluyeron todos los recursos utilizados en el proceso de cría de los insectos, como la adquisición de sustratos alimenticios, mano de obra, energía, equipo y otros insumos necesarios. La toma de muestra de esta variable se registró y calculó con los gastos en moneda local utilizados en la producción de huevos para cada uno de los tres tratamientos de sustrato alimenticios utilizados en el estudio.

5.8. Establecimiento del experimento.

El proceso de establecimiento del experimento se dividió en varias actividades: El proceso de reproducción de la polilla *S. cerealella* Olivier requirió de suministros específicos como sustrato y bandejas de metal y/o madera. En este proceso se utilizó trigol, maíz y sorgo como sustratos, las bandejas y marcos se lavaron y esterilizaron con agua, cloro y detergente, antes de ser secadas por 24 horas bajo la luz del sol para posteriormente ser introducidas a un tratamiento de asepsia por medio de una pila llena de agua, en donde se agregó detergente granulado y cloro al 5%, en donde los marcos fueron sumergidos durante un promedio de tres horas, posteriormente se escurrieron y se dejaron secar al aire libre y al sol, el total del sustrato alimenticio se agregó a cada bandeja, las cuales se introdujeron en un horno artesanal que funciona con gas. Después de calentar el horno, las bandejas con el sustrato se hornearon durante 8 horas (+80°C).

El proceso de producción de huevos de *S. cerealella* en el laboratorio, que constó de tres etapas. La primera etapa es la incubación, proceso que duró 5 días donde los huevos previamente refrigerados de producciones anteriores se desinfectaron con una mezcla de agua y formalina con una concentración de 40% durante 10-12 minutos, se lavaron y una vez secos se agregaron 9 gramos por cada uno de los marcos de incubación para estimular la eclosión de larvas (Vargas y Solís, 2000).

En la segunda etapa, conocida como siembra, en donde están las larvas recién emergidas en marcos de incubación que contienen trigol como sustrato para alimentarlas. Los marcos se colocaron en una sala de incubación con temperatura entre 26-30°C. Los marcos permanecieron en esta sala durante aproximadamente 21 días para permitir la emergencia de los primeros adultos y asegurar el desarrollo de las larvas, posteriormente los adultos emergieron y se mantuvieron en los gabinetes de producción en un rango de temperatura de 25-28°C (Basavanjali et al., 2020).

En la tercera etapa se realizó la extracción en la fase de emergencia de adultos, en donde se recolectaron los huevos y adultos de *S. cerealella*, posteriormente pasaron a la sala de extracción de huevos, en donde se hizo una división entre huevos y adultos; en donde los huevos pasaron por tres tamices de laboratorio para hacer la limpieza de escamas y restos del mismo insecto, y los adultos se colocaron en marcos de oviposición por un periodo establecido de cinco días. Los huevos previamente extraídos se almacenaron en un refrigerador.

Una vez establecido el experimento, se llevó a cabo el seguimiento diario de las variables de interés, las cuales son: Evaluar y comparar el peso de los huevos y adultos, morfometría (alto y ancho) y comparar los costos asociados con la producción de huevos y adultos de *S. cerealella*.

5.9. Análisis de los resultados.

Se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) para analizar las variables en estudio, permitiendo evaluar relaciones entre variables dependientes e independientes. El análisis se realizó con el software; The R Project for Statistical Computing, que facilitó la implementación del modelo y su validación. Este enfoque permitió obtener estimaciones precisas de los parámetros y evaluar la significancia estadística de los efectos observados en los datos (Botella-Rocamora et al., 2018).

El análisis de *S. cerealella* Olivier se abordó en tres aspectos principales: la morfometría, los pesos de huevos y adultos. Para cada uno de estos aspectos se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) para evaluar los factores que afectan las variables correspondientes. Se generaron gráficos de barras y de error para visualizar las diferencias y determinar la significancia de las variaciones observadas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el tratamiento trigol presentó el mayor peso promedio de los huevos en vaso con 0.59 g, el tratamiento con sorgo presentó un peso promedio de 0.46 g, mientras que el peso promedio en el tratamiento de maíz fue de 0.14 g (**Figura 1a**). El tratamiento de trigol tiene intervalos de confianza entre 0.39 y 0.78 gramos con diferencia estadística significativa ($P= 0.00$). El tratamiento de maíz obtuvo resultados de 0.45 gramos menos que los resultados en el tratamiento de trigol con intervalos de confianza entre -0.72 y -0.17 gramos con diferencia estadística significativa ($P= 0.00$) (**Tabla 1**).

Estas diferencias en los resultados son similares a las reportadas por López Vásquez (2009), encontrando que los sustratos de cebada y maíz amarillo suave generaron una mayor producción de huevos de *Sítotroga cerealella*, obteniendo promedios de 20.239 g y 20.04 g por cada 5 kg de sustrato, respectivamente.

El tratamiento con trigol mostró el mayor peso promedio de los huevos en los marcos con 0.43 g, maíz con peso promedio de 0.30 g, sorgo con 0.20 g (**Figura 1b**). El tratamiento trigol tiene intervalos de confianza entre 0.40 y 0.46 gramos con diferencia estadística significativa ($P= 0.00$). El tratamiento de maíz obtuvo resultados de 0.23 gramos menos que los resultados en el tratamiento de trigol con intervalos de confianza entre -0.26 y -0.19 gramos, el tratamiento de sorgo obtuvo resultados de 0.13 gramos menos que los resultados en el tratamiento de trigol con intervalos de confianza entre -0.17 y -0.09 gramos, ambos tratamientos con diferencias estadísticas significativas ($P= 0.00$) (**Tabla 2**).

Otondo Maldonado et al. (2015) reportaron un promedio de huevos por hembra por día de 1.32 ± 0.21 para trigo candeal, 0.78 ± 0.06 para trigo pan y 1.37 ± 0.15 para la mezcla de ambos. Sin embargo, estos valores de fecundidad son en general inferiores a los reportados en la literatura, Hansen et al. (2004) documentaron una fecundidad máxima de 124 huevos por hembra a 20°C y 80% de humedad relativa. Además, se observó que el tratamiento térmico de 2 horas resultó en un promedio de 1.54 ± 0.29 huevos por hembra por día, que fue significativamente superior en comparación con otros tratamientos, lo que refuerza la idea de que las condiciones de manejo influyen en los resultados observados.

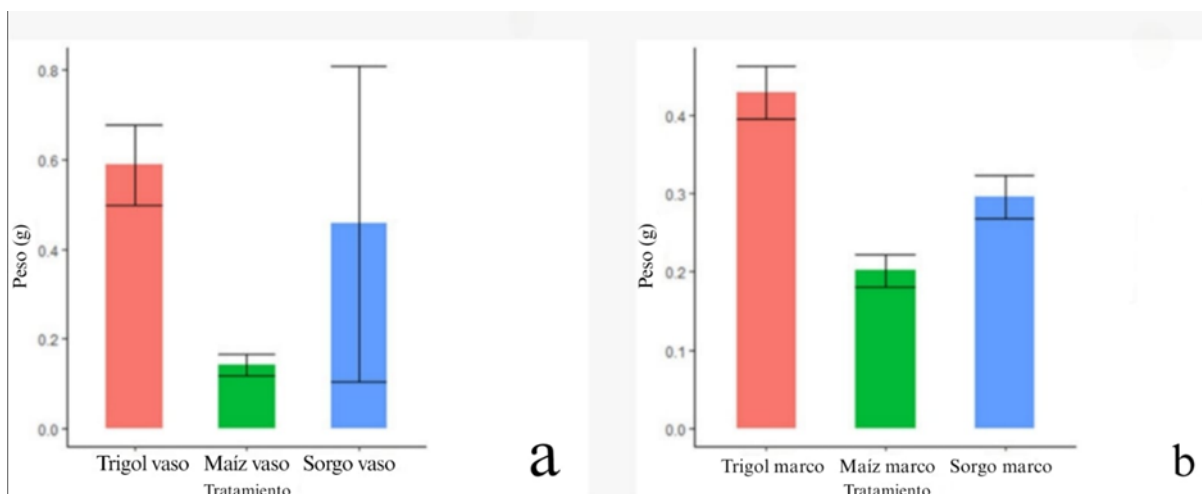


Figura 1. Peso de huevos de *Sitotroga cerealella*. a) Peso de huevos en vasos, b) peso de huevos de marcos.

Tabla 1. Peso de huevos de *Sitotroga cerealella* en vasos.

término	estimado	Error estándar	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Tratamiento Trigo	0.59	0.10	5.91	0.00	0.39	0.78
Tratamiento Maíz vaso	-0.45(0.14)	0.14	-3.17	0.00	-0.72	-0.17
Tratamiento Sorgo vaso	-0.13(0.46)	0.14	-0.92	0.36	-0.41	0.15

Tabla 2. Peso de huevos de *Sitotroga cerealella* en marcos.

término	estimado	Error estándar	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Tratamiento Trigo	0.43	0.01	31.26	0	0.40	0.46
Tratamiento Maíz	-0.23 (0.20)	0.02	-11.67	0	-0.26	-0.19
Tratamiento Sorgo	-0.13(0.30)	0.02	-6.61	0	-0.17	-0.09

El tratamiento con trigol presentó el mayor peso promedio de los adultos, con un valor de 22.7 g, seguido por el tratamiento con sorgo 16.4 g y finalmente, el tratamiento con maíz, que mostró el peso promedio más bajo de 14.7 g. Los intervalos de confianza para cada tratamiento no se superponen, lo que sugiere que las diferencias observadas son estadísticamente significativas (**Figura 2**).

El tratamiento de trigol tiene intervalos de confianza entre 21.50 y 23.85 gramos con diferencia estadística significativa ($P=0.00$). El tratamiento de maíz obtuvo resultados de 7.97 gramos menos que los resultados en el tratamiento de trigol con intervalos de confianza entre -9.64 y -6.30 gramos, el tratamiento de sorgo obtuvo resultados de 6.31 gramos menos que los resultados en el tratamiento de trigol con intervalos de confianza entre -8.01 y -4.62 gramos, ambos tratamientos con diferencias estadísticas significativas ($P=0$) (**Tabla 3**).

Estos resultados se alinean con estudios previos, de Borzoui y Naseri (2016), quienes evaluaron el peso de los adultos de *S. cerealella* en diferentes cultivares de trigo y encontraron que el cultivar Bam fue el que generó adultos más pesados (2.97 mg en machos y 4.80 mg en hembras).

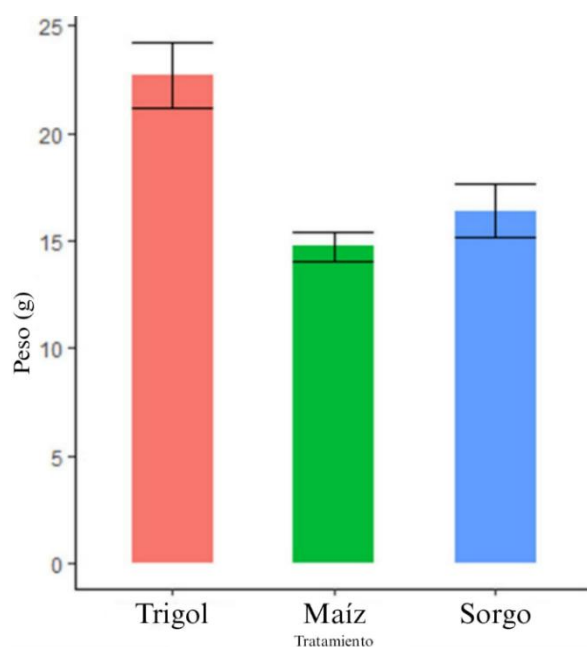


Figura 2. Peso de los adultos de *Sitotroga cerealella*.

Tabla 3. Peso de los adultos de *Sitotroga cerealella*.

término	estimado	Error estándar	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza superior	Intervalo de confianza inferior
Tratamiento Trigo	22.68	0.60	37.80	0	21.50	23.85
Tratamiento Maíz	-7.97(14.71)	0.85	-9.36	0	-9.64	-6.30
Tratamiento Sorgo	-6.31(16.37)	0.86	-7.30	0	-8.01	-4.62

En cuanto a los promedios observados del peso en gramos de repeticiones de 100 unidades de huevos, el tratamiento con trigo presentó el mayor valor medio (0.00193 g), seguido por maíz (0.00173 g) y sorgo (0.00171 g) (**Figura 3**). El tratamiento de trigo presenta diferencias estadísticas significativas ($P=0$) con intervalos de confianza de 0.0018 y 0.0020 (**Tabla 4**).

Estas diferencias en los resultados son similares a las reportadas por, Hamdy et al. (2020) encuentra que al pesar cantidades iguales de huevos (repeticiones de 500 unidades) de *S. cerealella*, en tres cereales; obtuvieron que los huevos provenientes de una dieta con maíz fueron significativamente más pesados que los de los otros cereales.

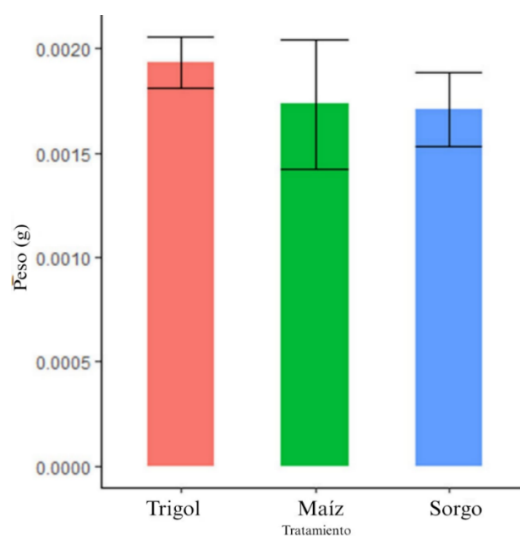


Figura 3. Peso en gramos de repeticiones de 100 unidades de huevos de *Sitotroga cerealella*.

Tabla 4. Peso en gramos de huevos de *Sitotroga cerealella*, en repeticiones de 100 unidades.

término	estimado	Error estándar	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Tratamiento Trigo	0.0019	0.00006	17.82	0.00	0.0018	0.0020
Tratamiento Maíz	0.0017	0.00015	-1.30	0.20	0.0014	0.0020
Tratamiento Sorgo	0.0017	0.00008	-1.47	0.15	0.0015	0.0018

El tratamiento con trigo mostró un promedio de 4.53 mm de largo, mientras que el tratamiento con maíz presentó un promedio significativamente mayor de 5.49 mm. Por otro lado, el tratamiento con sorgo mostró una longitud promedio de 4.49 mm, similar al tratamiento de trigo, pero sin una diferencia significativa (**Figura 4a**).

El tratamiento de trigo con intervalos de confianza entre 4.46 y 4.61 mm, el tratamiento de maíz obtuvo resultados de 0.96 mm mayor que los resultados en el tratamiento de trigo con intervalos de confianza entre 0.85 y 1.06 mm, ambos tratamientos con diferencias estadísticas significativas ($P=0$) (**Tabla 5**).

Los valores promedio del ancho fueron de 1.24 mm para el tratamiento con trigo, 1.48 mm para el tratamiento con maíz y 1.31 mm para el tratamiento con sorgo. El tratamiento con maíz fue el que mostró la mayor diferencia, lo que refuerza la idea de que este sustrato tiene un efecto más fuerte sobre esta variable morfométrica (**Figura 4b**).

El tratamiento de trigo tiene intervalos de confianza entre 1.22 y 1.27 mm de ancho con diferencia estadística significativa ($P=0.00$). El tratamiento de maíz obtuvo resultados de 0.24 mm mayor que los resultados en el tratamiento de trigo con intervalos de confianza entre 0.20 y 0.28 mm, el tratamiento de sorgo obtuvo resultados de 0.07 mm menos que los resultados en el tratamiento de trigo con intervalos de confianza entre 0.03 y 0.10 mm, ambos tratamientos con diferencias estadísticas significativas ($P=0$) (**Tabla 6**).

Gandica Omaña et al. (2022), reportaron que *Sitotroga cerealella* criados en laboratorio sobre trigo y maíz criollo presentaron diferencias significativas en su morfometría, siendo los adultos desarrollados en maíz considerablemente más grandes. Los machos alcanzaron un promedio de 4.23 ± 0.32 mm en maíz frente a 3.70 ± 0.42 mm de largo en trigo, y las hembras 5.43 ± 0.53 mm frente a 3.63 ± 0.48 mm de largo respectivamente, lo que sugiere que el maíz criollo ofrece mejores condiciones nutricionales para el desarrollo de esta especie.

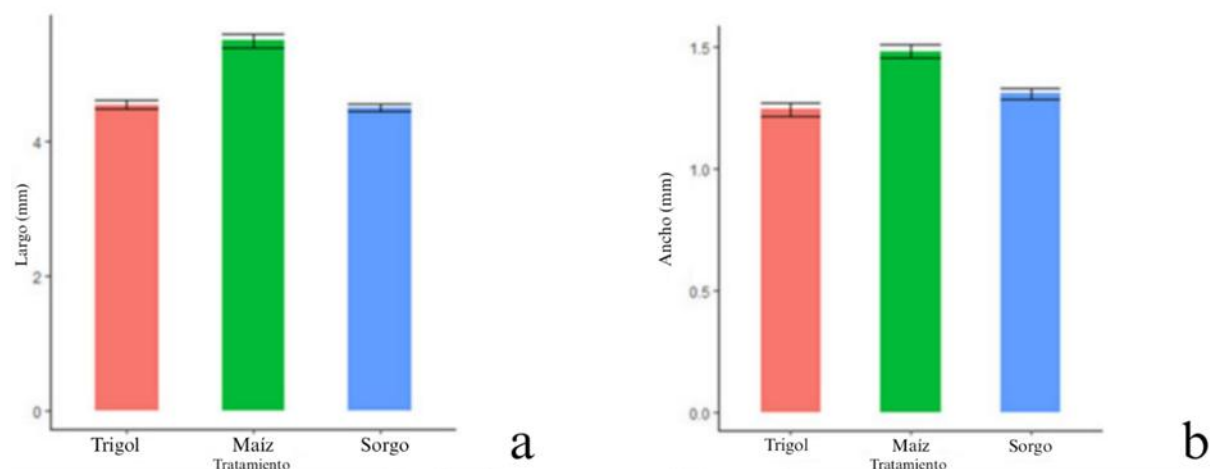


Figura 4. Morfometría de adultos de *Sitotroga cerealella*. a) Largo de adultos de *Sitotroga cerealella*, b) Ancho de adultos de *Sitotroga cerealella*.

Tabla 5. Largo de adultos de *Sitotroga cerealella* unidad de medida mm.

término	estimado	Error estándar	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Tratamiento Trigo	4.53	0.04	118.99	0.00	4.46	4.61
Tratamiento Maíz	0.96(5.49)	0.05	17.73	0.00	0.85	1.06
Tratamiento Sorgo	-0.04(4.49)	0.05	-0.82	0.41	-0.15	0.06

Tabla 6. Ancho de adultos de *Sitotroga cerealella* unidad de medida mm.

término	estimado	Error estanda r	estadístico	valor de P.	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Tratamiento Trigo	1.24	0.01	95.67	0	1.22	1.27
Tratamiento Maíz	0.24(1.48)	0.02	13.05	0	0.20	0.28
Tratamiento Sorgo	0.07(1.31)	0.02	3.57	0	0.03	0.10

Durante la semana 6 y 7 se pudo apreciar un incremento de la oviposición debido al inicio del segundo ciclo de vida de *S. cerealella*. Los pesos promedios de huevos de los tratamientos trigo, maíz, sorgo presentan picos elevados durante el inicio del segundo ciclo de vida de *sitotroga cerealella* donde trigo tuvo el mayor promedio (**Figura 5**).

Según los resultados de Salim et al. (2023), *Sitotroga cerealella* mostró un mejor desempeño reproductivo en maíz en comparación con trigo y cebada. En maíz, el número de días de oviposición fue significativamente mayor ($6,96 \pm 0,36$ días), mientras que en trigo y cebada no se observaron diferencias significativas entre sí. La fecundidad también fue más alta en maíz, con un promedio de $290,30 \pm 22,47$ huevos por hembra, frente a valores menores y sin diferencias significativas entre trigo y cebada. Además, el tiempo de duplicación fue más corto en maíz ($4,42 \pm 0,10$ días), comparado con trigo ($5,37 \pm 0,20$ días) y cebada ($5,61 \pm 0,23$ días), lo que indica un crecimiento poblacional más rápido en este cultivo. Estos datos sugieren que el maíz proporciona un ambiente más favorable para el desarrollo y la reproducción de *S. cerealella*.

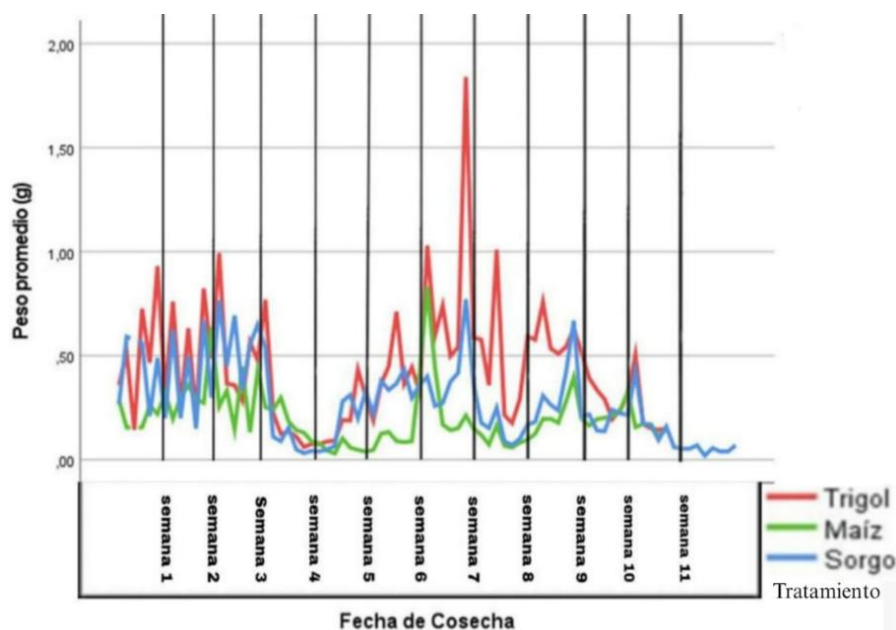


Figura 5. Promedios de huevos de *Sitotroga cerealella* en el lapso temporal de la investigación.

Según los resultados el tratamiento de trigo tiene el mayor peso total con 453,47 gramos seguido del tratamiento de sorgo con un peso total de 275,71 gramos y el maíz con un peso total de 212,04 gramos, los resultados indican que la dieta basada en granos de trigo tiene mejores resultados de producción de huevos de *S. cerealella*. (Figura 6).

Según Ahmad et al. (2021), en su ensayo, el trigo resultó ser el cereal más favorable para *Sitotroga cerealella*, mostrando la mayor emergencia de adultos ($18,9 \pm 12,6$), la mayor oviposición ($82,2 \pm 6,8$ huevos/hembra) y el menor tiempo de desarrollo ($27,6 \pm 0,6$ días), mientras que el maíz presentó menor emergencia de adultos ($9,62 \pm 6,1$). Aunque el maíz puede favorecer una alta fecundidad, el trigo permite un desarrollo más eficiente y una mayor supervivencia, factores clave para la cría del insecto y su parasitoide *Trichogramma chilonis*.

Según Ahmad et al. (2021), el maíz presenta un contenido de proteínas de $8.7 \pm 0.20\%$, significativamente menor en comparación con el trigo, que alcanza un $12.1 \pm 0.15\%$. En cuanto a grasas, el maíz contiene un $3.7 \pm 0.32\%$, superando al trigo, que muestra solo un $2.0 \pm 0.15\%$. Respecto al contenido de carbohidratos, ambos cereales presentan valores similares: el maíz con un $70.4 \pm 0.36\%$ y el trigo con $69.6 \pm 0.46\%$. Estas diferencias nutricionales resaltan al maíz como una fuente más rica en grasas, pero con menor contenido proteico en comparación con el trigo, mientras que el aporte de carbohidratos es prácticamente equivalente en ambos casos.

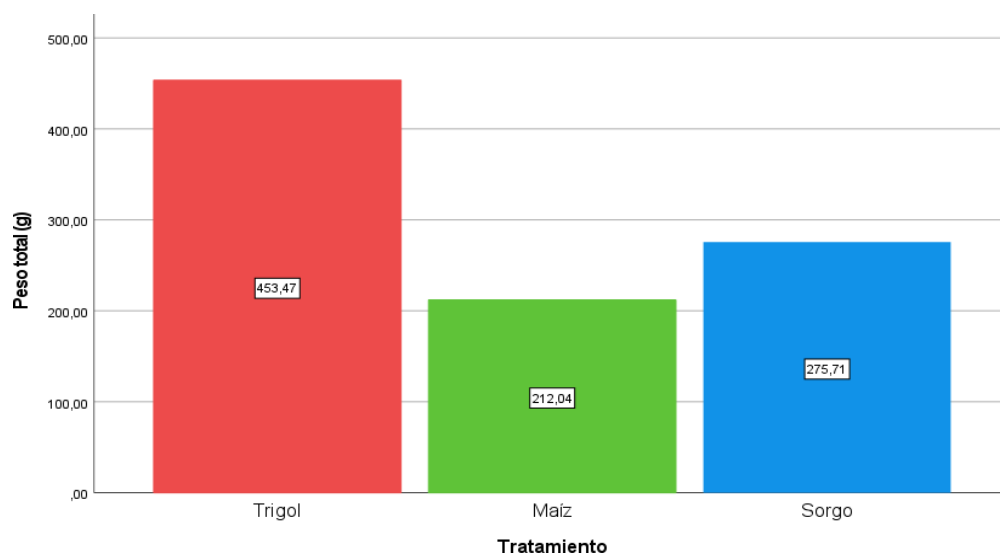


Figura 6. Peso total producido de huevos de *Sitotroga cerealella*.

Se realizó un estudio comparativo sobre los costos y beneficios de criar *S. cerealella* en tres tipos de sustratos: trigo, maíz y sorgo, respecto a costos la inversión total es: 795,99 en trigo, 820,5 para maíz y 824,99 dólares para sorgo. Los resultados mostraron diferencias significativas respecto a los ingresos, trigo sobresalió con una ganancia total de US\$ 631,94 y un 230 % de rentabilidad, seguido por sorgo (US\$ 276,42; 100,5 %) y maíz (US\$ 149,08; 54,2 %), El trigo tuvo el menor costo por gramo (US\$ 0,61), además, este sustrato permitió la obtención de la mayor cantidad de huevos de *S. cerealella* (453 g). El sorgo le siguió con un costo por gramo de US\$ 1 y una producción de 275,71 g. El maíz, registró el costo más alto por gramo (US\$ 1,30) con una producción de solo 212,04 g. El costo más alto en todos los tratamientos fue la siembra o infestación de larvas, la cual sobrepasó el 60 % del total de gastos (**Tabla 7**).

La producción de *S. cerealella* como un organismo de control biológico necesita un balance de recursos cuidadosamente planeados para que sea económicamente viable. De un sustrato básico de 5.636 kg de trigo, se logró la producción de 18.788 gramos de huevos y 3.758 gramos de trigo infestado, mostrando un proceso altamente eficiente. En el análisis de costos por fases, se observa que buena parte de la inversión se la lleva el primer paso que es la esterilización del sustrato, que incluye el lavado (agua, detergentes y mano de obra), así como la esterilización térmica que utiliza gas butano, electricidad y personal técnico. Esta estructura de costos subraya la necesidad de mejorar la rentabilidad centrándose en el control de insumos y las fases operativas desde el principio que van a impactar el aumento de la producción y la reducción de costos en sistemas de producción bioeconomía sostenibles (Zúniga et al.,2024).

Tabla 7. Cuadro comparativo de costos y rentabilidad de *Sitotroga cerealella* en tres sustratos.

Etapas / Indicador	Trigo	Maíz	Sorgo
Tasa de cambio (C\$/US\$)	36,7116	36,7116	36,7116
Total de gramos producidos (g)	453,00	212,04	275,71
Esterilización de granos (C\$ / %)	71,42 (9%)	71,42 (8,7%)	71,42 (8,7%)
Esterilización de huevos (C\$ / %)	37,12 (4%)	37,12 (4,5%)	37,12 (4,5%)
Siembra / infestación (C\$ / %)	523,19 (63%)	523,19 (63,4%)	523,19 (63,4%)
Emersión de adultos (C\$ / %)	15,53 (2%)	15,53 (1,9%)	15,53 (1,9%)
Extracción de adultos (C\$ / %)	177,74 (22%)	177,74 (21,5%)	177,74 (21,5%)
Total de costos (US\$)	795,99	820,5	824,99
Costo por gramo (C\$)	22,26	47,61	36,62
Costo por gramo (US\$)	0,61	1,30	1,00
Precio de venta por gramo (US\$)	2,00	2,00	2,00
Ganancia por gramo (US\$)	1,39	0,70	1,00
Ganancia total (US\$)	631,94	149,08	276,42
Rentabilidad sobre costos (%)	230,00%	54,21%	100,52%

VII. CONCLUSIÓN

El tratamiento con sustrato alimenticio de trigol evaluado durante dos ciclos de vida en condiciones de laboratorio a una temperatura promedio del 28°C indica que tiene mayor promedio para la variable peso de huevos en vaso con promedio de 0.59 gramos con diferencia estadística significativa y la variable peso de huevos en marcos de oviposición con promedio de 0.43 presentando diferencia estadística significativa con índices productivos más altos durante el inicio del segundo ciclo de vida.

El tratamiento con sustrato alimenticio de trigol presenta mayor peso promedio 22.7 gramos para la variable peso de los adultos de *Sitotroga cerealella* presentando diferencia estadística significativa.

El tratamiento con sustrato alimenticio de trigol presenta mayor peso promedio 0.00193 gramos para la variable peso en gramos de repeticiones de 100 unidades de huevos de *Sitotroga cerealella*. presentando diferencia estadística significativas.

El tratamiento con sustrato alimenticio de maíz tiene promedio mayor de 5.49 mm de largo y 1.48 mm de ancho para la variable morfometría de adultos de *Sitotroga cerealella* con diferencia estadística significativa en ambas variables.

En el estudio comparativo de costos y beneficios la inversión total fue de 795.99 dólares en trigol, 820,5 dólares para maíz y 824,99 dólares en sorgo, El tratamiento de trigol tuvo el menor costo por gramo de huevos de *S. cerealella* (US\$ 0,61). El tratamiento de trigol obtuvo la mayor ganancia total de US\$ 631,94 y un 230 % de rentabilidad, los resultados mostraron diferencias significativas respecto a los ingresos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Ampliar el conjunto de variables morfológicas, incorporando parámetros como el tamaño de los huevos, el desarrollo larval y la longevidad de los adultos con el fin de obtener una evaluación más completa y precisa de la calidad de la producción.
- Implementar el almacenamiento de huevos de *Sitotroga cerealella* utilizando nuevos recipientes y condiciones de conservación para aumentar la viabilidad de los mismos.
- Evaluar otros sustratos alimenticios experimentando con granos alternativos, incluyendo mezclas con suplementos nutricionales para optimizar la producción y calidad.
- Reducir costos de producción diseñando estrategias para disminuir gastos en infestación de larvas y aumentar la rentabilidad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, A. Z., Ullah, F., Badshah, H., Khan, M. S., & Ahmad, B. (2021). Effect of bio-chemical properties of various grains on the quality rearing of factious host, *Sitotroga cerealella* (Olivier) and its subsequent effect on *Trichogramma chilonis* in vitro. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37(4), 1442–1449. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1442.1449>
- Basavanjali, S., Nadagouda, S., Prabhuraj, A., Basavegowda, S., & Shivaleela. (2020). Biology of angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Gelechiidae: Lepidoptera) on paddy. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 726-729. <https://www.entomoljournal.com/archives/2020/vol8issue5/PartJ/8-4-442-139.pdf>
- Borzoui, E., & Naseri, B. (2016). Wheat cultivars affecting life history and digestive amylolytic activity of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 106(4), 464-473. <https://doi.org/10.1017/S000748531600016X>
- Borzoui, E., Naseri, B., & Nouri-Ganbalani, G. (2016). Effects of food quality on biology and physiological traits of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(1), 266–273,. <https://doi.org/10.1093/jee/tow284>
- Botella-Rocamora, P., Alacreu-García, M., & Martínez-Beneito, M. A. (2018). Instalación e introducción al software estadístico R y la librería R-Commander. *Estadística descriptiva*. Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/~mamtnetz/IRCED.pdf>
- Cano Vázquez, E. (2001). Cría masiva de *Trichogramma pretiosum*, *Sitotroga cerealella* y *Chrysoperla externa*. *Manejo integrado de plagas (Costa Rica)*, 60, 93-96 <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5988>
- Cano Vázquez, E. (s.f.). Producción de insectos benéficos *Trichogramma Pretiosum* y *Chrysoperla Externa* para el control de plagas en los cultivos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Vicepresidencia de la República de Nicaragua. PNUD, programa UNIFEM-UNOPS MyDEL, programa IDEASS.

<https://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureControladoresBiologicos.pdf>

Castillo Cajina, R., & Bird Moreno, R. (2017). Análisis de los determinantes del rendimiento del maíz en Nicaragua. Revista de Economía y Finanzas, Banco Nacional de Nicaragua (BCN).

<https://share.google/H0zkNRigj6rMLbF4B>

Estrada Santana, DC, Zúñiga-González, CA, Hernández-Rueda, MJ y Marinero-Orates, EA (2016). Cultivo de Trigo harinero *Triticum aestivum*, una alternativa para la soberanía nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. Rev. iberoam. bioeconomía. cambio clima., 2 (1), 346-362. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5705>

Gandica Omaña, H. A., Salazar Ramoni, M. d. l. C., & Bermúdez Pernia, J. P. (2022). Evaluación del trigo y maíz criollo como sustrato alimenticio de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). Entomotrópica, 37, 25-32. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ento/article/view/28188

García Mosqueda, C. (2018). Diseño y Evaluación de Tratamientos Postcosecha Asistidos con Microondas para Desinfestación de Maíz. (Tesis Universidad de Guanajuato). Repositorio institucional. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/2135>

Hamdy, H. M., Asmaa, G. T. A.-E. S., Doaa, S. M., & Medhat, M. S. (2020). Egg production and life cycle of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) reared on three cereals. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, 3(1), 58–72. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20219969483>

Hamed, M., & Nadeem, S. (2012). Effect of cereals on the development of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) and subsequent quality of the egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 44(4), 923-929. http://zsp.com.pk/pdf44/923-929%20_4_%20PJZ-734-11-Revised.pdf

- Hansen, L. S., Skovgård, H., & Hell, K. (2004). Stored-product life table study of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelichiidae), a strain from West Africa. *Journal of Economic Entomology*, 97(4), 1484-1490. <https://doi.org/10.1093/jee/97.4.1484>
- Hassan, S., Ahmad, M., & Aslam, M. (2013). Assessment of *Sitotroga cerealella* losses in different sorghum varieties under controlled conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(8), 993-999. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.828398>
- Hernández R. Mendoza, C. (2018). Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. Primera edición. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- Jena, M. K., Moharana, R. L., Gosavi, S., & Sahoo, S. (2023). Biology of *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) on Stored Wheat, *Triticum aestivum* L. *The Pharma Innovation Journal*, 12(4), 749-754. <https://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2023&vol=12&issue=4&ArticleId=19673>
- Jiménez Vilchez, M. F. (2018). Selección de líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) fotosensibles en ambientes del corredor seco de la Región I, Nicaragua. Trabajo de Graduación, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3859>
- Johnson, D. (s.f.). Insect pest of stored grain: Angoumois grain moth (ENTFACT-156). University of Kentucky College of Agriculture, Food, and Environment. Insect Pests of Stored Grain: Angoumois Grain Moth | Entomology. <https://entomology.ca.uky.edu/files/ef156.pdf>
- López Vásquez, L. T. (2009). Crianza de *Sitotroga Cerealella* (Olivier), en los sustratos de arroz (*Oryza sativa*) 'Carolino', cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz amarillo suave (*Zea mays*), para la producción comercial de *Trichogramma* spp. en San Martín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. TPFAGRO-ING0351_L88. <https://core.ac.uk/reader/287329670>

- Mason, L. J. (2018, November). Angoumois Grain Moth: *Sitotroga cerealella* (Olivier). Stored Product Pests. Department of Entomology, Purdue University. <http://extension.entm.purdue.edu/publications/E-236.pdf>
- MEFCCA. (s.f.). Cartilla cultivo de sorgo [Documento PDF]. Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa. <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento6792655.pdf>
- Méndez, L. M., Botto, E. N., Flores, D., Cagnotti, C. L., López, S. N., & Viscarret, M. M. (2016). Evaluación de tres clases de trigo para la cría de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) como hospedante utilizado en la cría de enemigos naturales. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 75(3-4), 105-116. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322049136001>
- MNHN & OFB. (2025). Sheet of *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). The National Inventory of Natural Heritage (INPN). https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/246629
- Moreira, M. D., Dos Santos, M. C. F., Beserra, E. B., Torres, J. B., & De Almeida, R. P. (2009). Parasitismo e Superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em Ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 38(2), 237-242. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2009000200011>
- Muthukumar, M., & Ragumoorthi, K. N. (2017). Impact of Angoumois Grain Moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) on the Viability of Maize Seeds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8), 5-10. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.002>
- Otondo Maldonado, A., Carrizo, P., & Viscarret, M. (2014). Tratamiento físico de dos variedades de trigo utilizadas como sustrato para la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera:

- Gelechiidae). Efecto sobre sus atributos biológicos. Proyecto UBACYT–FAUBA. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF. Revista Científica de Investigación.INFO-INIAF.
https://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rciii/v1n5/v1n5_a09.pdf
- Otondo Maldonado, A., Carrizo, P. I., & Viscarret, M. M. (2015). Tratamiento físico de dos variedades de trigo utilizadas como sustrato para la cría de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). Efecto sobre sus atributos biológicos. Info INIAF, 1(5)
http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308250X2015000100009&nrm=iso
- Palma Jiménez, M., Arce Rojas, F., Guillén Watson, A., & Villalba Velásquez, V. (2011). Desarrollo de una metodología de crianza en laboratorio de la polilla de los cereales *Sitotroga cerealella* (Olivier) como posible hospedante de insectos biocontroladores de interés agrícola. Tecnología en Marcha, 24(1),64-73.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/79
- Pérez Salazar, O. E., & Pacheco Flores, S. A. (2002, noviembre). Determinación del ciclo biológico de *Sitotroga cerealella* Olivier hospedero facticio de *Trichogramma pretiosum* Riley, en la cría comercial del Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos de la UNAN-León. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1842>
- Ramírez Gómez, M., Flores Zavala, A., Cisneros Vázquez, J., Ríos Flores, J., Méndez Rivera, J., & Castro Franco, R. (2006). Identificación del parasitoide de la palomilla de los cereales *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, V(2), 169-172 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19302057304>
- Saikia, J., Goswami, M. M., & Bhattacharyya, B. (2014). Biology and detection technique of angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) on stored rice and maize grains. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(6), 9-11.
<https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2014&vol=2&issue=6&ArticleId=408>

- Salim, M., Ullah, I., Saljoqi, A. U. R., Gökçe, A., Ahmad, S., Almutairi, M. H., Sayed, A. A., Aleya, L., Abdel Daim, M. M., & Shah, M. (2023). Life table study of *Sitotroga cerealella* on different cereals and its implications on the performance of the egg parasitoid (*Trichogramma chilonis*) under laboratory conditions. *Scientific Reports*, 13, 10961. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37852-0>
- Vargas Medina, C. N., & Solís Alvarez, J. D. (2000). Contraste del comportamiento secuencial de la temperatura interna entre los tres métodos de siembra de larvas de *Sitotroga cerealella* a través del análisis de medidas repetidas mediante un análisis de perfiles (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística - Matemática. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/8697>
- Vargas, H. (s.f.). Proyecto de investigación: Efecto de diferentes niveles de infestación de trigo (*Triticum vulgare*) L. con huevos de *Sitotroga cerealella* (Olivier). Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Huando” [Archivo PDF]. <https://iestpchancay.edu.pe/wp-content/uploads/2022/11/Efecto-De-Diferentes-Niveles-De-Infestacion-Detrigo-Triticum-Vulgare-L.-Con-Huevos-De-Sitotroga-Cerealella-Olivier.pdf>
- Vilches, J. Y. (2020). Parasitoides y hongos entomopatógenos que afectan al complejo de orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae) en rastrojos de soja y pasturas de alfalfa en la provincia de La Pampa (Tesis de maestría). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/7229>
- Zúniga-Gonzalez, C. A., & Moreno-Mayorga, L. F. (2024). Data for analysis of the bioeconomy cost of *Sitotroga cerealella*: *Trichogramma pretiosum* and *Chrysoperla externa* (Version 2) [Data set]. Mendeley Data. <https://doi.org/10.17632/f8wtw4hmmh.2>

X. ANEXOS

10.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Objetivo general	Objetivos específicos	Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Evaluar sustratos alimenticios (trigol, maíz y sorgo) para la cría de <i>S. cerealella</i> Olivier en condiciones de laboratorio “UIR CB UNAN-León”.	Determinar la producción de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier criados en sustratos alimenticios de trigol, maíz y sorgo.	Peso de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> .	<i>S. cerealella</i> Olivier es un insecto utilizado en los laboratorios de cría de insectos benéficos, ya que sus huevos sirven de sustrato natural para la reproducción de parasitoides y depredadores. (Vargas H., s.f.)	Pesado y conteo de muestras de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier con ayuda de un estereoscopio.
	Determinar la morfometría (alto y ancho) de adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier criados en los sustratos alimenticios (trigol, maíz y sorgo).	Morfometría.	Variable cuantitativa. La medición se realizó en milímetros (mm), abarcando la etapa adulta. Es un carácter morfológico observable bajo microscopio o estereoscopio. (Jena et al., 2023).	Medición de adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier con ayuda de un estereoscopio.
	Comparar los costos asociados con la producción de huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier en función de los sustratos alimenticios (trigol, maíz y sorgo).	Gastos por cada tipo de sustrato alimenticio.	El costo total de producción de un kilogramo de huevos de <i>S. cerealella</i> Olivier es de aproximadamente \$1500. (Pérez S. & Pacheco F., 2002).	Recolección y suma de los datos de costos por tipo de dieta alimenticia.

Dimensión	Tipos de variables	Criterios para medir	Indicadores	Procedimientos para la medición	Técnicas o instrumentos
Peso de 100 huevos, peso de huevos por vaso y marco, peso de adultos.	Cuantitativa continua.	Peso y cantidad.	Número y peso de huevos y adultos por tratamiento.	Se contará el número de huevos y adultos por repetición en los tres tratamientos; se tomarán los pesos en gramos de cada muestra.	Platos Petri, estereomicroscopio, aguja entomológica, balanza analítica, huevos y adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier.
Longitud en mm.	Cuantitativa continua.	Longitud.	Longitud desde la cabeza hasta el final del abdomen de adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier.	Seleccionar y tomar fotografías de adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier por repetición.	Platos Petri, aguja entomológica, hoja milimetrada, estereomicroscopio, adultos de <i>S. cerealella</i> Olivier.
Costo en dólares por tratamiento.	Cuantitativa continua.	Gastos totales.	Inversión por tratamiento.	Registro de los costos incurridos en la adquisición y mantenimiento de los sustratos durante el estudio.	Hojas de cálculo en Excel.

10.2. TABLAS DE TOMA DE MUESTRAS

Tabla 8. Peso de huevos y adultos de *Sitotroga cerealella* Olivier criados en diferentes sustratos alimenticios (trigo, maíz, sorgo).

Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Tratamiento	Repetición	Peso huevos de vaso (g)	Peso de adultos (g)
		Trigol vaso	Repetición 1		
		Trigol vaso	Repetición 2		
		Trigol vaso	Repetición 3		
		Maíz vaso	Repetición 1		
		Maíz vaso	Repetición 2		
		Maíz vaso	Repetición 3		
		Sorgo vaso	Repetición 1		
		Sorgo vaso	Repetición 2		
		Sorgo vaso	Repetición 3		

Tabla 9. Peso de huevos de adultos de *Sitotroga cerealella* Olivier en marcos de oviposición.

Fecha de Cosecha	Tratamiento	Repetición	Peso marco (g)
	Trigol marco	Repetición 1	
	Trigol marco	Repetición 2	
	Trigol marco	Repetición 3	
	Maíz marco	Repetición 1	
	Maíz marco	Repetición 2	
	Maíz marco	Repetición 3	
	Sorgo marco	Repetición 1	
	Sorgo marco	Repetición 2	
	Sorgo marco	Repetición 3	

Tabla 10. Peso de 100 huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier seleccionados por repeticiones de cada tratamiento (trigo, maíz, sorgo).

Fecha de Cosecha	Tratamiento	Repetición	Numero de huevos	Peso (g)
	Trigol	Repetición 1	100	
	Trigol	Repetición 2	100	
	Trigol	Repetición 3	100	
	Maíz	Repetición 1	100	
	Maíz	Repetición 2	100	
	Maíz	Repetición 3	100	
	Sorgo	Repetición 1	100	
	Sorgo	Repetición 2	100	
	Sorgo	Repetición 3	100	

Tabla 11. Morfometría (alto y ancho) de adultos de *Sitotroga cerealella* Olivier en distintos sustratos alimenticios: trigo, maíz y sorgo millón.

Tratamiento	Repetición	Alto (mm)	Ancho (mm)
Trigol	1		
	2		
	3		

Tratamiento	Repetición	Alto (mm)	Ancho (mm)
Maíz	1		
	2		
	3		
Tratamiento	Repetición	Alto (mm)	Ancho (mm)
Sorgo	1		
	2		
	3		

Tabla 12. Costos de producción de huevos: Registro de costos por tratamiento.

Materias primas	Cantidad	Costo/Unidad	Costo Total
Total			

10.3. ESQUEMA O DIBUJO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

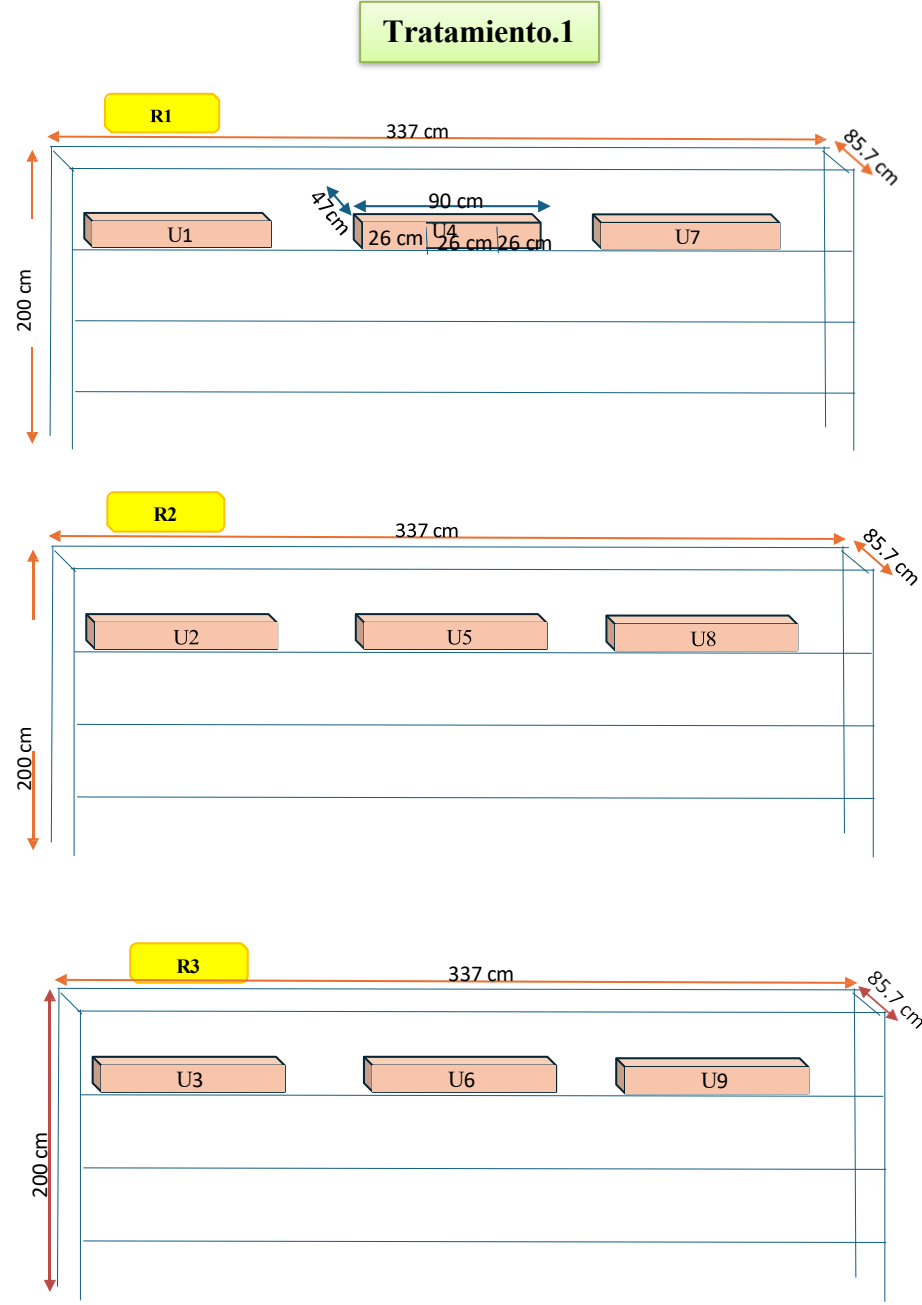


Figura 7. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento trigol.

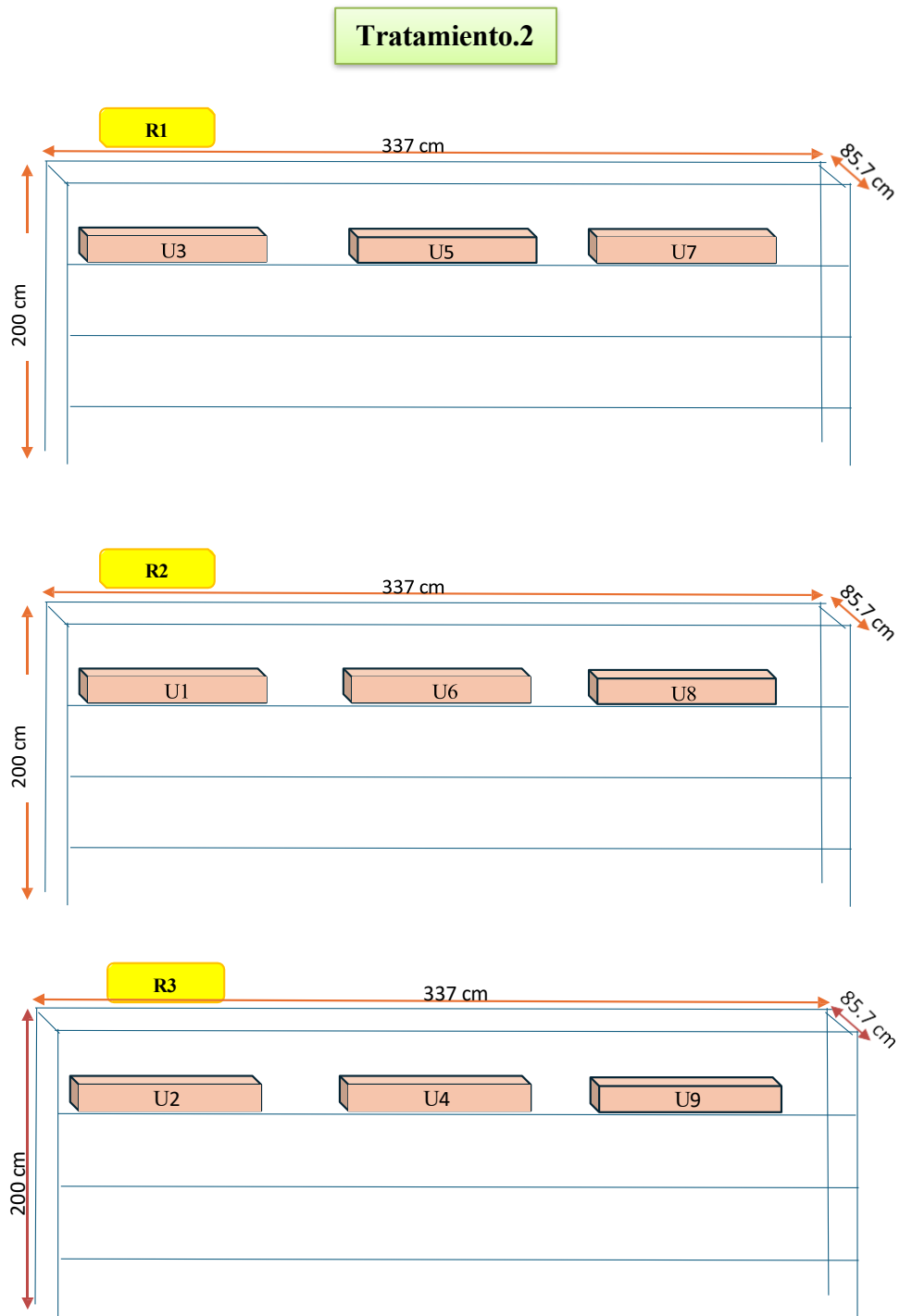


Figura 8. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento maíz.

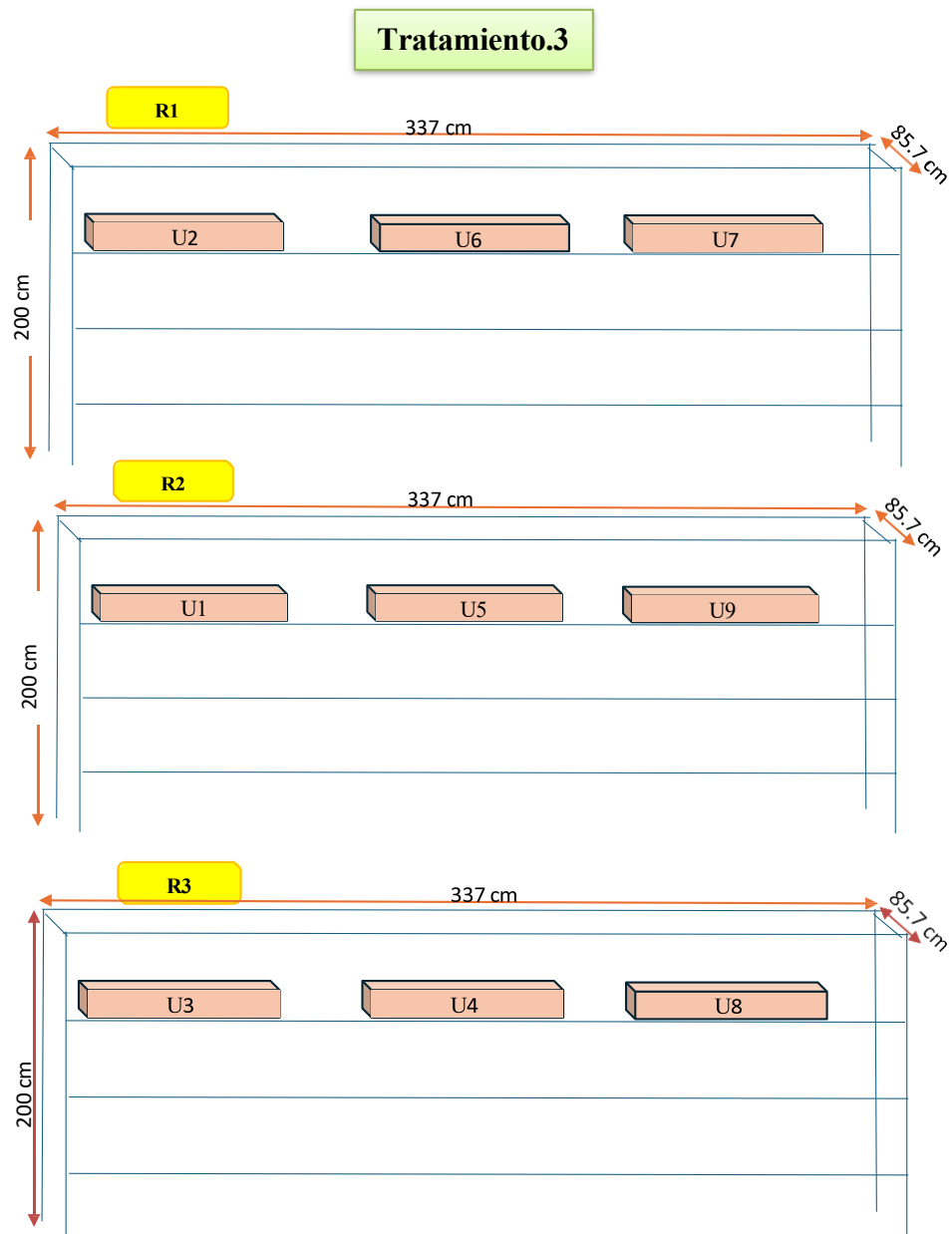


Figura 9. Fase de preparación o etapa de incubación del tratamiento sorgo.

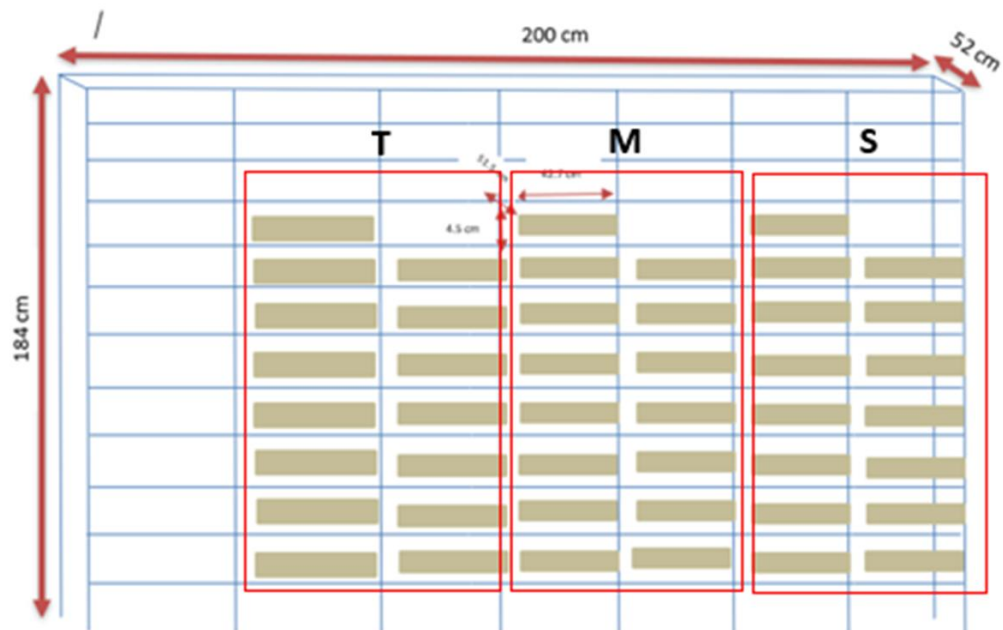


Figura 10. Fase de oviposición de adultos de *Sitotroga cerealella*.

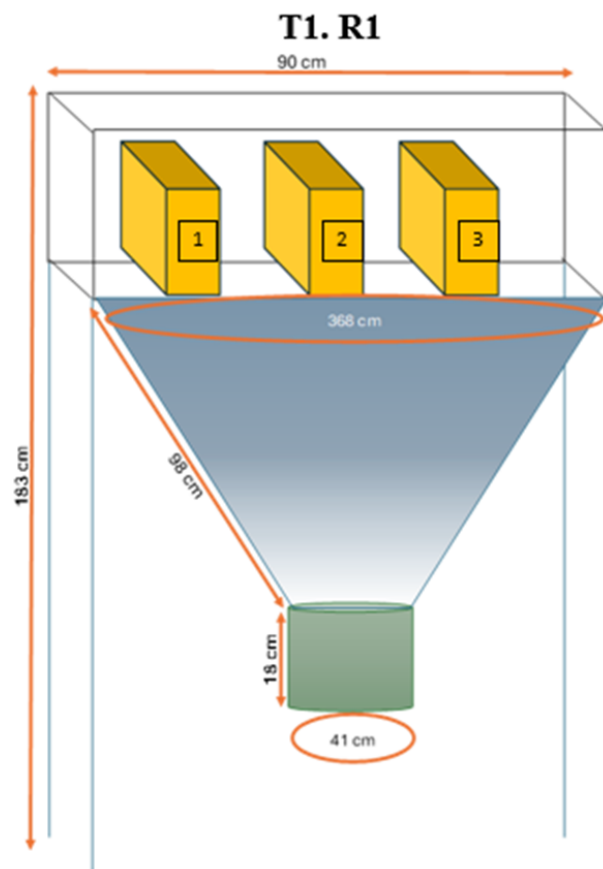


Figura 11. Fase de emergencia de adultos de *Sitotroga cerealella*.

Tabla 14. Resumen de costos de crianza de *Sitotroga cerealella* en trigol.

Etapas	Córdobas	Dólares	Porcentaje
Esterilización de			
1 sustrato de trigo	C\$ 2.622,00	C\$ 71,42	9%
Esterilización de			
2 huevos de <i>S. cerealella</i>	C\$ 1.362,68	C\$ 37,12	4%
Siembra/infestación			
de larvas de <i>S.</i>			
3 <i>cerealella</i>	C\$ 19.207,02	C\$ 523,19	63%
Emersión de			
Adultos de <i>S.</i>			
4 <i>cerealella</i> .	C\$ 570,27	C\$ 15,53	2%
Extracción de			
5 Adultos	C\$ 6.525,00	C\$ 177,74	22%
Total de Costos	C\$ 30.286,98	C\$ 825,00	100%

Item	<i>Sitotroga cerealella</i>
Total gramos	
producidos	453
Costo por gramo en	
Córdobas	C\$ 22,26
Costo por gramo en	
US.\$	\$ 0,61
Precio de venta en	
US.\$	\$ 2,00
Ganancia por gramo	\$ 1,39
Ganancias totales	\$ 631,94
Rentabilidad sobre	
costos	230%

Tabla 15. Resumen de Costos de crianza de *Sitotroga cerealella* en maíz.

	Etapas	Córdobas	Dólares	Porcentaje
	Esterilización de sustrato			
1	de trigo	C\$ 2.622,00	C\$ 71,42	9%
	Esterilización de huevos			
2	de <i>S. cerealella</i>	C\$ 1.362,68	C\$ 37,12	4%
	Siembra/infestación de			
3	larvas de <i>S. cerealella</i>	C\$ 19.207,02	C\$ 523,19	63%
	Emersión de Adultos de			
4	<i>S. cerealella</i>	C\$ 570,27	C\$ 15,53	2%
5	Extracción de Adultos	C\$ 6.525,00	C\$ 177,74	22%
	Total de Costos	C\$ 30.286,98	C\$ 825,00	100%

Item	<i>Sitotroga cerealella</i>
Total gramos producidos	212
Costo por gramo en	
Córdobas	C\$ 47,61
Costo por gramo en	
US.\$	\$ 1,30
Precio de venta en US.\$	\$ 2,00
Ganancia por gramo	\$ 0,70
Ganancias totales	\$ 149,08
Rentabilidad sobre	
costos	54%

Tabla 16. Resumen de Costos de crianza de *Sitotroga cerealella* en sorgo.

Etapas	Córdobas	Dólares	Porcentaje
Esterilización de			
1 sustrato de trigo	C\$ 2.622,00	C\$ 71,42	9%
Esterilización de			
2 huevos de <i>S. cerealella</i>	C\$ 1.362,68	C\$ 37,12	4%
Siembra/infestación de			
3 larvas de <i>S. cerealella</i>	C\$ 19.207,02	C\$ 523,19	63%
Emersión de Adultos			
4 de <i>S. cerealella</i>	C\$ 570,27	C\$ 15,53	2%
5 Extracción de Adultos	C\$ 6.525,00	C\$ 177,74	22%
Total de Costos	C\$ 30.286,98	C\$ 825,00	100%

Item	<i>Sitotroga cerealella</i>
Total gramos	
producidos	276
Costo por gramo en	
Córdobas	C\$ 36,62
Costo por gramo en	
US.\$	\$ 1,00
Precio de venta en	
US.\$	\$ 2,00
Ganancia por gramo	\$ 1,00
Ganancias totales	\$ 276,42
Rentabilidad sobre	
costos	101%



Figura 12. Procedimiento de desinfección térmica de A1) sustratos alimenticios y A2) jaulas de incubación. B1) Pesaje de huevos de *S. cerealella*. B2) Huevos de *S. cerealella* correctamente desinfectados con formalina en proceso de secado. C1) Pesaje de nueve gramos de huevos de *S. cerealella*. C2) Nueve gramos de huevos de *S. cerealella* listos para el proceso de incubación en su debido sustrato alimenticio.

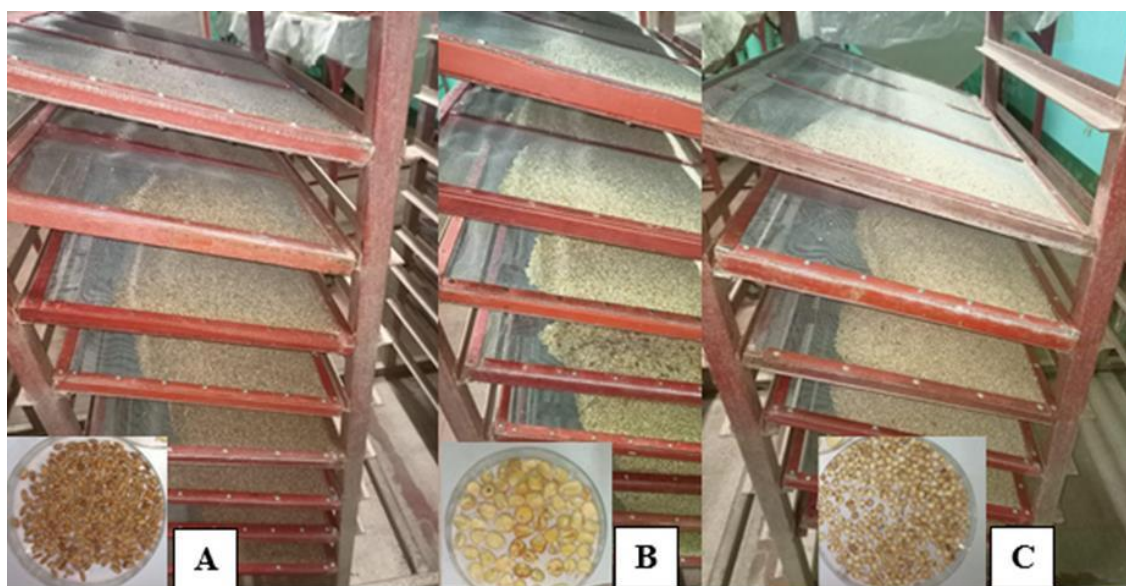


Figura 13. Sustratos alimenticios con huevos de *S. cerealella* en jaulas de incubación. A) Trigo, B) Maíz, C) Sorgo.



Figura 14. A) Proceso de establecimiento de las jaulas de incubación a los gabinetes de oposición y su debida rotulación por tratamiento. B) Recipientes de recolección de huevos de *S. cerealella* en los gabinetes de oposición. C) Jaulas de oviposición establecidos para producción de huevos de *S. cerealella*.

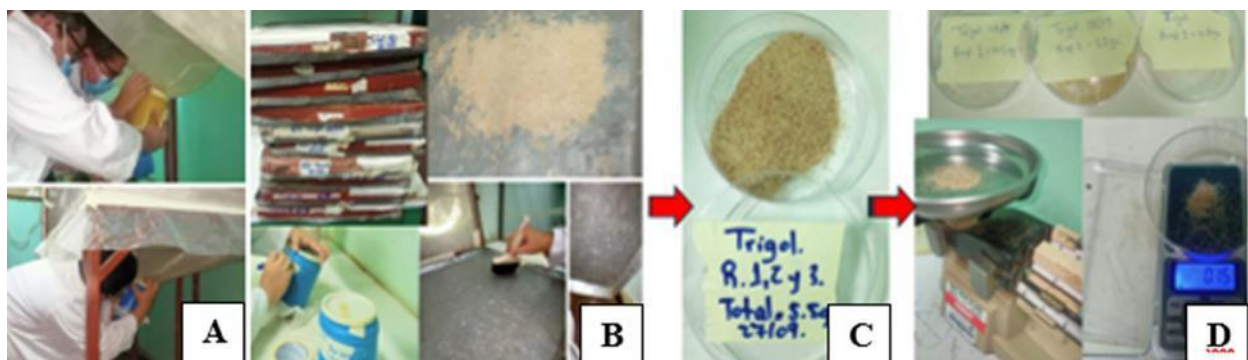


Figura 15. A) Extracción del recipiente con huevos y adultos de *S. cerealella* de jaulas de oviposición. B) proceso de depuración y extracción de huevos y adultos. C) Huevos de *S. cerealella* limpios de escamas e impurezas. D) pesaje de huevos de *S. cerealella* según su tratamiento y repetición.

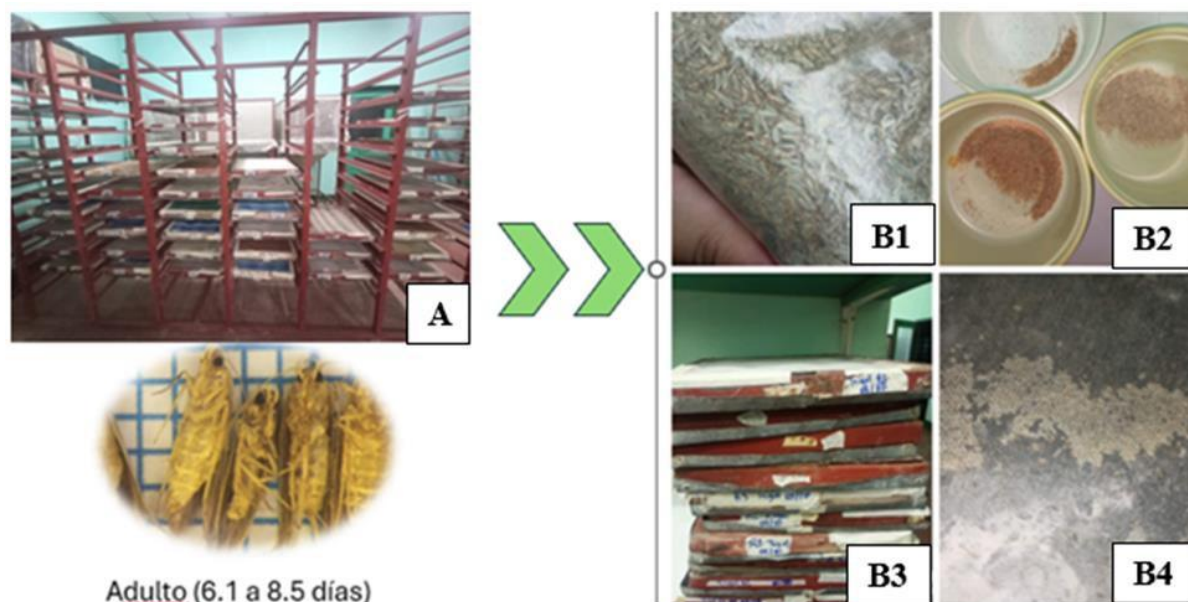


Figura 16. A) Bandejas de la fase de oviposición donde el adulto de *S. cerealella* termina su ciclo de vida. B1) Adultos de *S. cerealella* que culminaron su ciclo de vida. B2) Huevos de *S. cerealella* de la fase de oviposición en bandejas. B3) Bandejas de la fase de oviposición con adultos y huevos de *S. cerealella*. B4) Masa de huevos blancos de *S. cerealella* observables en la bandeja de la fase de oviposición.

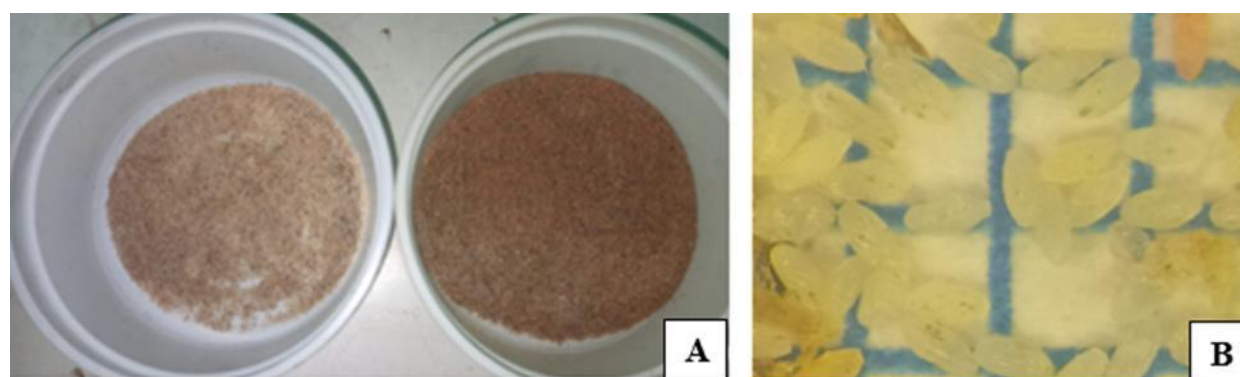


Figura 17. A) Huevos blancos y rojos extraídos de los recipientes de las jaulas de oviposición. B) Huevos de *S. cerealella*.

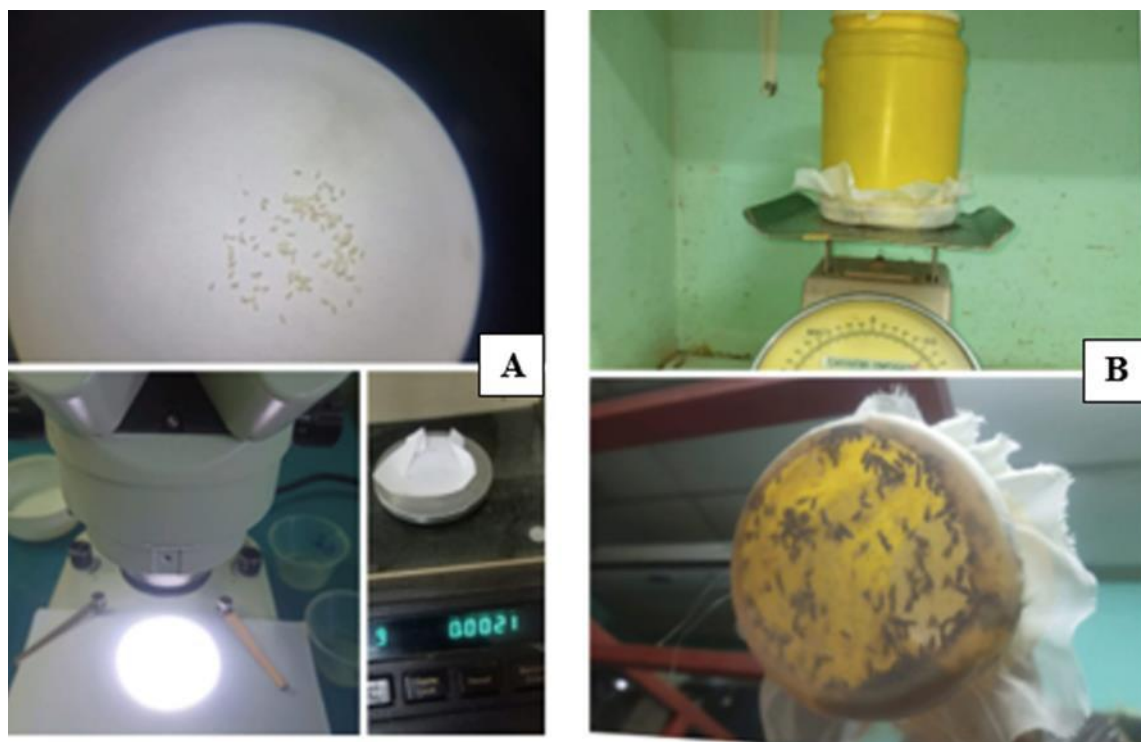


Figura 18. A) Observación y pesaje de 100 unidades de huevos de *S. cerealella*. B) Peso en gramos de los recipientes de recolección con adultos de *S. cerealella*.

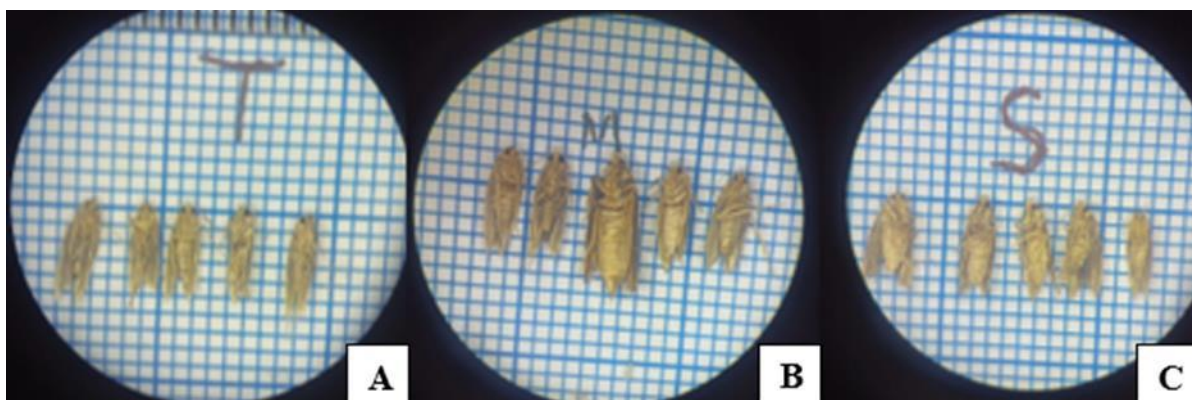


Figura 19. Adultos de *S. cerealella*. Provenientes de diferentes dietas con sustratos alimenticios de A) Trigo, B) Maíz, C) Sorgo.