

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA A LA TEMPERATURA
DE *Helicoverpa quinoa* (LEPIDÓPTERA: NOCTUIDAE), PLAGA
DEL CULTIVO DE LA QUINUA, EN CONDICIONES
CONTROLADAS.**

Por:

Ivan Nina Cruz

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA A LA TEMPERATURA DE *Helicoverpa quinoa* (LEPIDÓPTERA: NOCTUIDAE), PLAGA DEL CULTIVO DE LA QUINUA, EN CONDICIONES CONTROLADAS.

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Ivan Nina Cruz

Asesores:

Lic. Ing. Reinaldo Quispe Tarqui

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Miguel Angel Gonzales Aldana

Lic. Ing. Paulino Bruno Condori Ali

Lic. Ing. Felix Marza Mamani

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

El presente trabajo de esfuerzo, perseverancia y constancia la dedico con mucho cariño y amor a:

Dios padre nuestro que es nuestro salvador que siempre me ha cuidado y ha guiado mis pasos con gracia y amor.

A mis queridos padres: Daniel Juan Nina y Sra. Dionicia Cruz de Nina por todo su amor, apoyo incondicional por brindar una enseñanza de valores y principios morales.

A mis hermanos (as) por darme su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso que es grande en misericordia, por darme la vida y su amor incomparable.

A mis padres Daniel y Dionicia, mis hermana/os Yovana, Jhannet y Daniel.

A la Universidad Pública de El Alto (UPEA), Carrera de Ingeniería Agronómica, a su plantel de docentes por haber contribuido en mi formación profesional.

A la Fundación PROINPA, al M.Sc. Lic. Ing. Wilfredo Rojas Coordinador de la Regional Altiplano y al Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores, Responsable del Centro K'iphak'iphani, respectivamente por haberme abierto las puertas de esta institución para realizar una pasantía y posteriormente el presente trabajo de tesis.

Al M.Sc. Lic. Ing. Reinaldo Quispe Tarqui investigador de la Fundación PROINPA y docente de Carrera de Ingeniería Agronómica de la UPEA, por el asesoramiento, guía, sugerencia en la elección del tema de tesis y los sabios consejos brindados en elaboración del perfil, redacción del documento final y por la confianza.

Al tribunal examinador: Ph.D. Paulino Bruno Condori Ali, Ph.D. Felix Marza Mamani y Ing. Miguel Angel Gonzales Aldana, por las oportunas correcciones y sugerencias y para concluir la tesis de grado.

Al Ph.D. François Rebaudo del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), por la oportunidad y orientación.

A mis compañeros y amigos de estudio, con quienes compartí muchas experiencias, en especial a mi amigo Marco Antonio Parí Ramírez por el apoyo incondicional.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Plaga de la quinua	5
2.2. Complejo noctuideo	7
2.3. <i>Helicoverpa quinoa</i>	7
2.4. Daños causados por <i>Helicoverpa quinoa</i>	8
2.5. Clasificación taxonómica de <i>Helicoverpa quinoa</i>	8
2.6. Ciclo biológico <i>Helicoverpa quinoa</i>	8
2.7. Descripción de <i>Helicoverpa quinoa</i>	9
2.7.1. Adulto.....	9
2.7.2. Huevo	9

2.7.3.	Larva.....	9
2.7.4.	Pre pupa	10
2.7.5.	Pupa	10
2.8.	Comportamiento <i>Helicoverpa quinoa</i>	11
2.9.	Efecto de la temperatura en los insectos	11
2.10.	Temperatura base y constante térmica.....	11
2.10.1.	Temperatura base.....	11
2.10.2.	Constante térmica.....	12
2.11.	Métodos para calcular la temperatura base y constante térmica.....	12
2.12.	Cría de insectos en laboratorio	13
2.13.	Dieta artificial	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	Localización	14
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	14
3.2.	Materiales	14
3.2.1.	Material Biológico.....	14
3.2.2.	Material de laboratorio.....	14
3.2.3.	Material de gabinete.....	15
3.3.	Metodología	15
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	15
3.3.2.	Condiciones ambientales para la cría de <i>Helicoverpa quinoa</i>	15
3.3.3.	Previsión del material experimental.....	15
3.3.4.	Dieta artificial para la cría de <i>Helicoverpa quinoa</i>	16
3.3.5.	Procedimiento experimental	17
3.3.5.1.	Ciclo biológico de <i>H. quinoa</i> bajo cinco condiciones de temperatura.....	17

3.3.5.2.	Manejo de huevos	17
3.3.5.3.	Manejo de larvas	18
3.3.5.4.	Manejo de pre pupa	18
3.3.5.5.	Manejo de pupa	19
3.3.5.6.	Manejo de adultos	19
3.3.6.	Diseño experimental	19
3.3.7.	Factores de estudio.....	20
3.3.8.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	20
3.3.9.	Respuesta del ciclo biológico de <i>Helicoverpa quinoa</i> a cinco condiciones de temperatura	20
3.3.9.1.	Tiempo de desarrollo en el estado de huevo	20
3.3.9.2.	Tiempo de desarrollo en el estado de larva	20
3.3.9.3.	Tiempo de desarrollo en el estado de pupa.....	20
3.3.9.4.	Tiempo de desarrollo en el estado de adulto	21
3.3.9.5.	Porcentaje de supervivencia	21
3.3.10.	Temperatura base (umbral mínimo de temperatura) y constante térmica de desarrollo (grados días) necesario para el desarrollo de <i>H. quinoa</i>	21
3.3.11.	Fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultos hembras de <i>Helicoverpa quinoa</i> a cinco condiciones de temperatura	21
3.3.11.1.	Fecundidad	21
3.3.11.2.	Fertilidad	22
3.3.12.	Análisis estadístico.....	22
3.3.12.1.	Análisis de varianza	22
3.3.12.2.	Prueba de medias de Duncan	22
3.3.12.3.	Regresión lineal simple	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1.	Respuesta del ciclo biológico de <i>Helicoverpa quinoa</i> a cinco condiciones de temperatura.....	23

4.1.1.	Tiempo de desarrollo del estado de huevo.....	23
4.1.2.	Tiempo de desarrollo del estado de larva.....	25
4.1.3.	Tiempo de desarrollo del estado de pupa.....	27
4.1.4.	Tiempo de desarrollo del estado de adulto.....	29
4.1.5.	Tiempo de desarrollo total.....	31
4.1.6.	Porcentaje de supervivencia <i>Helicoverpa quinoa</i>	33
4.2.	Temperatura base (umbral mínimo de temperatura) y constante térmica de desarrollo (grados días) necesarios para el desarrollo de <i>Helicoverpa quinoa</i>	35
4.3.	Fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultos hembra de <i>Helicoverpa quinoa</i> a cinco condiciones de temperatura.....	36
4.3.1.	Curva de fecundidad de adultos hembras <i>Helicoverpa quinoa</i>	37
4.3.2.	Curva de fertilidad de adultos hembras <i>Helicoverpa quinoa</i>	39
5.	CONCLUSIONES.....	41
6.	RECOMENDACIONES.....	42
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43
8.	ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Insectos fitófagos asociados al cultivo de la quinua	5
Cuadro 2. Complejo noctuideo género y especie.....	7
Cuadro 3. Condiciones de los ambientes de cría.....	15
Cuadro 4. Ingredientes de la dieta artificial.....	16
Cuadro 5. Tratamiento y temperaturas	20
Cuadro 6. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de huevo.....	24
Cuadro 7. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de huevo.....	24
Cuadro 8. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de larva.....	26
Cuadro 9. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de larva.....	26
Cuadro 10. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de pupa.....	28
Cuadro 11. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de pupa.....	28
Cuadro 12. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de adulto.....	30
Cuadro 13. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de adulto.....	30
Cuadro 14. Análisis de varianza para el ciclo biológico.....	31
Cuadro 15. Prueba de medias de Duncan para el ciclo biológico	32
Cuadro 16. Efecto de la temperatura sobre la tasa de supervivencia de <i>H. quinoa</i>	34
Cuadro 17. Temperatura base y constante térmica para <i>H. quinoa</i> calculadas por regresión lineal simple	35
Cuadro 18. Análisis de varianza de la fecundidad de <i>H. quinoa</i>	38
Cuadro 19. Análisis de varianza de la fertilidad de <i>H. quinoa</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Tiempo de desarrollo del estado de huevo en cinco niveles de temperatura.	23
Figura 2.	Tiempo de desarrollo del estado de larva en cinco niveles de temperatura...	25
Figura 3.	Tiempo de desarrollo del estado de pupa en cinco niveles de temperatura...	27
Figura 4.	Tiempo de desarrollo del estado de adulto en cinco niveles de temperatura.	29
Figura 5.	Ciclo biológico en cinco niveles de temperatura.....	31
Figura 6.	Porcentaje de supervivencia de cada uno de los estados de desarrollo de <i>H. quinoa</i> en cinco temperaturas	33
Figura 7.	Efecto de la temperatura en la fecundidad y fertilidad <i>H. quinoa</i>	37
Figura 8.	Efecto de la temperatura en la fecundidad de <i>H. quinoa</i>	38
Figura 9.	Efecto de la temperatura en la fertilidad de <i>H. quinoa</i>	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Ambiente cría y calefón para regular la temperatura requerida, vaporizador.	49
Anexo 2.	Estado larval de <i>H. quinoa</i> y dieta artificial a base de frijol y germen de trigo	50
Anexo 3.	Colecta de capsula cefálica de cada tratamiento (temperatura) <i>H. quinoa</i>	50
Anexo 4.	Estado de pre pupa <i>H. quinoa</i>	51
Anexo 5.	Estado de pupa <i>H. quinoa</i>	51
Anexo 6.	Pesaje y sexado de pupa <i>H. quinoa</i>	52
Anexo 7.	Manejo y alimentación de adultos emergidos y puesto en jaulas de oviposición	53
Anexo 8.	Sexado de <i>H. quinoa</i> en estado de adulto.....	54
Anexo 9.	Muerte de larvas, pupas y adultos <i>H. quinoa</i>	54
Anexo 10.	Regresión lineal simple	55

ABREVIATURAS

Cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
°D	Grados día
HR	Humedad relativa
K	Constante térmica
♀	Hembra
♂	Macho
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N1	Duración de periodo
%	Porcentaje
Tb	Temperatura base
To	Temperatura optima
UmD	Umbral mínimo de desarrollo
UMD	Umbral máximo de desarrollo

RESUMEN

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*) es afectada en su productividad y calidad de grano por insectos plaga, de los cuales destaca *Helicoverpa quinoa* Pogue y Harp que puede disminuir su rendimiento de 30 al 70%. El desarrollo de los insectos está directamente influenciado por factores ambientales como la temperatura, aspectos que aún no se ha estudiado en esta plaga, con el objetivo de evaluar la respuesta del ciclo biológico de *H. quinoa* a cinco temperaturas y estimar su temperatura base y constante térmica de desarrollo, se implementó la cría de *H. quinoa* a temperaturas (10.8 ± 2.4 , 17.1 ± 1.3 , 20.6 ± 1.3 , 24.7 ± 1.5 y 29.9 ± 1.1 °C) con $60\pm 5\%$ de Humedad Relativa (HR) y 12 horas luz de fotoperiodo en el Centro Kiphakiphani (Viacha, La Paz). En cada temperatura, la cría se inició con 200 huevos (<24h), cuando alcanzaron el estado larval se individualizaron en recipientes de cría (50 ml) con 1.5 cm³ de dieta artificial a base de frijol y germen de trigo, luego de conseguir el estado de pupa fueron sexados y pesados, y una vez llegado a la emergencia de los adultos se introdujeron tres parejas en tres jaulas de oviposición por temperatura. Los parámetros evaluados fueron; desarrollo del ciclo biológico, porcentaje de supervivencia, temperatura base y la constante térmica por regresión lineal simple, también se evaluó la fecundidad y fertilidad de hembras de *H. quinoa*. Los datos se analizaron a través del Diseño Completamente al Azar con cinco tratamientos (temperaturas) y 4 repeticiones (50 individuos por repetición). Según los resultados, el tiempo de desarrollo del ciclo biológico de *H. quinoa* se reduce con el incremento de la temperatura de 461 ± 13.5 días para 10.8 ± 2.4 °C a 43.2 ± 4.1 días para 29.9 ± 1.1 °C. El porcentaje de supervivencia de *H. quinoa* fue significativamente diferente mostrando un mejor desempeño a 20.6 ± 1.3 °C. La temperatura base calculada fue de 11.3°C en promedio, y una constante térmica para completar el desarrollo desde la postura hasta adulto fue de 740.5°D (Grados Días). La fecundidad y fertilidad a 24.7 ± 1.5 °C fue mayor. Esta información contribuirá a la predicción de la presencia de *H. quinoa* y fortalecer las prácticas de manejo de esta plaga.

ABSTRACT

The cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) is affected in its productivity and grain quality by insect pests, among which *Helicoverpa quinoa* Pogue and Harp can reduce its yield from 30 to 70%. The development of insects is directly influenced by environmental factors such as temperature, aspects that have not yet been studied in this quinoa pest, with the objective of evaluating the response of the biological cycle of *H. quinoa* to five temperatures and estimate its base temperature and thermal constant of development, *H. quinoa* rearing was implemented at temperatures (10.8 ± 2.4 , 17.1 ± 1.3 , 20.6 ± 1.3 , 24.7 ± 1.5 and $29.9\pm 1.1^{\circ}\text{C}$) with $60\pm 5\%$ Relative Humidity (RH) and 12 hours of light photoperiod at the Kiphakiphani Center (Viacha, La Paz). At each temperature, rearing began with 200 eggs (<24h), when they reached the larval stage they were individualized in rearing containers (50 ml) with 1.5 cm^3 of artificial diet based on beans and wheat germ, after reaching the pupal stage they were sexed and weighed, and once they reached adult emergence three pairs were introduced in three oviposition cages per temperature. The parameters evaluated were: development of the biological cycle, survival percentage, base temperature and the thermal constant by simple linear regression, fecundity and fertility of *H. quinoa* females were also evaluated. Data were analyzed through a completely randomized design with five treatments (temperatures) and four replicates (50 individuals per replicate). According to the results, the development time of the biological cycle of *H. quinoa* is reduced with increasing temperature from 461 ± 13.5 days for $10.8\pm 2.4^{\circ}\text{C}$ to 43.2 ± 4.1 days for $29.9\pm 1.1^{\circ}\text{C}$. The survival percentage of *H. quinoa* was significantly different showing better performance at $20.6\pm 1.3^{\circ}\text{C}$. The calculated base temperature was 11.3°C on average, and a thermal constant to complete development from laying to adult was 740.5°D (Degree Days). Fecundity and fertility at $24.7\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ was higher. This information will contribute to the prediction of the presence of *H. quinoa* and strengthen the management practices of this pest.

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano originario de las regiones andinas de Bolivia y Perú, como un alimento de grandes culturas (Aymara e Inca) y cultivada tradicionalmente en la región andina de Sud América (Colombia, Ecuador y Chile), en las últimas décadas expandida a nivel mundial debido a sus cualidades nutricionales (Cruces *et al.*, 2024).

La quinua, al igual que otros cultivos durante su desarrollo es atacado por insectos plaga de los cuales la "ticona" de la quinua o *Helicoverpa quinoa* Pogue y Harp (Lepidóptera: Noctuidae), es considerada como una de las plagas clave (Ramos *et al.*, 2024), esta plaga puede provocar pérdidas del 30 al 70% de la producción, dependiendo de las prácticas de control empleado y tipo de producción (convencional y orgánico), (Saravia *et al.*, 2014).

Como todos los insectos, *H. quinoa* es un organismo poiquilotermo o ectotermo, llamado también "de sangre fría" no puede regular su temperatura corporal generando calor, es decir la temperatura de su cuerpo varía con la del ambiente, además puede sobrevivir únicamente dentro de ciertos límites de temperatura, característica que influye sobre el nivel de respuesta de sus actividades tales como alimentación, dispersión, postura o desarrollo (Marco, 2001). En los insectos la tasa de desarrollo es gobernada por la temperatura, principalmente, fisiológicamente el insecto acumula calor (energía) para desarrollarse, lo cual ha servido para formular el concepto de grados día ($^{\circ}\text{D}$), que representa la acumulación de unidades de calor por encima del umbral mínimo de desarrollo o temperatura base (Urra y Apablaza, 2005); Aspectos que podrían estar relacionados al ataque más intenso de la plaga en periodos con temperaturas relativamente altas, como la que se presenta cuando ocurre sequías (Wagner *et al.*, 1984), además en el actual contexto de cambio climático se ha incrementado 1°C en todo el planeta, el calentamiento global (incremento de temperatura) influye directamente en el desarrollo de los insectos incrementando su distribución territorial e incidencia, además de provocar cambios en el ciclo de vida (Ek del y Sáenz, 2017).

Por los antecedentes mencionados, utilizar la temperatura y su influencia sobre el desarrollo de la "ticona" de la quinua como herramienta de predicción de sus infestaciones y programar medidas de manejo, podrían en el futuro contribuir significativamente al manejo racional de la plaga (Ek del y Sáenz, 2017).

1.1. Antecedentes

Estudios pioneros sobre la biología del complejo noctuido o “ticona” de la quinua fueron implementados por el Programa Quinua del Ex-IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria) en la década de 1990, posteriormente estos trabajos fueron continuados por PROINPA desde el 2008, reportando que este complejo, taxonómicamente está constituido por los géneros *Copitarsia*, *Helicoverpa* y *Agrotis* (PROINPA 2010); Luego, Saravia *et al.* (2014), publica por primera vez la biología de *Helicoverpa quinoa*, la cual fue profundizado por Gómez (2019), afirmando que esta especie completa su ciclo de vida en $189,1 \pm 7,42$ días, distribuidas en 6, 33, 139 y 11 días para huevo, larva, pupa y adulto, respectivamente.

Información del efecto de la temperatura sobre el desarrollo de las plagas de la quinua es escasa, Rebaudo *et al.* (2017), reportan que la temperatura influye directamente sobre el ciclo biológico de *C. incommoda* (Lepidóptera: Noctuidae) otra plaga de la quinua, el cual disminuyó de 202 a 38 días cuando la temperatura se incrementa de $12 \pm 1,1$ a $30 \pm 1,2$ °C. Así mismo, Callizaya (2017), estudió los requerimientos térmicos para esta misma plaga afirmando que la temperatura base es de 8.8, 7.17 y 9.29 °C para huevo, larva y pupa, respectivamente siendo la temperatura base total 7.59 °C y la constante térmica de desarrollo alcanza 65.42, 416.04 y 251.67 °D para huevo, larva y pupa, respectivamente y la constante térmica total de 733.12 °D, además, Quispe *et al.*, (2021), estudiaron el efecto dieta y la interacción con la temperatura sobre el desarrollo de *C. incommoda* afirmando que además de la temperatura otros factores del hábitat como la calidad de la dieta influyen en el desarrollo del insecto.

1.2. Planteamiento del problema

Los insectos registran distribuciones geográficas que no son directamente limitados por la vegetación o por barreras físicas (montañas), sino por la temperatura en la medida en que el planeta se calienta, los insectos limitados por la temperatura tendrán la posibilidad de expandirse tan rápido como sus propios mecanismos de dispersión lo permitan (Kiritani, 2006); El conocimiento de la biología y el potencial de crecimiento de una población de insectos plaga en función de la temperatura, resultan cruciales para el estudio de su fisiología y dinámica poblacional, información que podrá permitir predecir fechas de aparición, distribución y número de generaciones al año y establecer o programar estrategias de control de plagas (Hernández y Guerrero, 1989).

Pero, para su aplicación en campo inicialmente se debe caracterizar a nivel de laboratorio la respuesta a la temperatura y los requerimientos térmicos (temperatura base y constante térmica de desarrollo), los cuales difieren entre especies y para cada región geográfica, por lo que deben ser determinadas con poblaciones locales del insecto (Hernández y Guerrero, 1989).

El incremento de la temperatura incide en el desarrollo del ciclo de vida del insecto y no existe información sobre el efecto de la temperatura en la biología y el potencial de crecimiento de la “ticona” de la quinua *H. quinoa*.

Por tanto, se plantea el presente trabajo de tesis bajo la siguiente pregunta de investigación ¿En qué medida influye la temperatura en el desarrollo del ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa*?

1.3. Justificación

En el altiplano del país, la producción de quinua se ve afectada por el daño de insectos plaga siendo *H. quinoa* una de las principales, por reducir su rendimiento del 30 a 70% y elevar los costos de producción, debido a las inversiones que se realizan en las labores de control (Saravia *et al.*, 2014).

Según el IPCC (2001), se pronostica que la temperatura media de la superficie de la tierra se incrementará entre 1.4 a 5.8 °C durante los próximos 100 años. El incremento en la temperatura también induce cambios directos en los insectos sobre los rangos de distribución, reducción de mortalidad en temporadas frías, incremento en el número de generaciones por año. Uno de los mayores efectos del cambio climático será la aceleración en el cambio del rango de distribución de las especies de insectos.

Por tanto, se plantea el presente trabajo de investigación con fines de contribuir a la generación de información del efecto de la temperatura en la biología y comportamiento de la “ticona” *H. quinoa*, para fortalecer las actuales estrategias de su manejo y la producción de la quinua en general, rubro estratégico de las regiones altiplánicas del país.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar la respuesta a la temperatura de *Helicoverpa quinoa* (Lepidóptera: Noctuidae), plaga del cultivo de la quinua, en condiciones controladas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta del ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura.
- Estimar la temperatura base (umbral mínimo de temperatura) y constante térmica de desarrollo (grados día) necesarios para el desarrollo de *Helicoverpa quinoa*.
- Determinar la fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultos hembra de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura.

1.5. Hipótesis

- No existe diferencia significativa en la respuesta del ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura.
- No existe diferencia significativa en la temperatura base y constante térmica de desarrollo en *Helicoverpa quinoa*.
- No existe diferencia significativa en la fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultos hembras de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Plaga de la quinua

Las plagas a nivel mundial son agentes bióticos que causan inmensos daños en la productividad y la calidad del cultivo de la quinua, uno de estos insectos es ocasionado por *H. quinoa* que ocasiona un 30% de daños en el rendimiento y altera su crecimiento vegetativo y reproductivo, el principal problema con insectos plaga corresponden a los complejos noctuideo y polilla de la quinua (Zurita y Quiroz 2019).

Los daños que pueden ocasionar estas plagas al cultivo son devastadoras, se puede diferenciar en daños directos e indirectos, los daños directos son ocasionados a la planta en el panojamiento donde larvas de *Helicoverpa* (ticona) y *Eursacca* (polilla) consumen los granos de la quinua, los daños indirectos son provocados cuando las larvas se alimentan del aria foliar, los que disminuyen el área fotosíntesis y se refleja en la disminución del rendimiento de la planta (Vera y Jarandilla 2009).

Según Saravia *et al.*, (2014), el cultivo de quinua sufre el ataque de diversas plagas en distintas fases de desarrollo vegetativo y lo clasifica en 8 órdenes, 17 familias, 38 géneros y 55 especies, de los cuales *Eurysacca melanocampta*, *E. quinoa*, *H. quinoa*, *H. titicacae* están catalogados como insectos plaga clave del cultivo de la quinua en el altiplano de Bolivia (cuadro 1).

Cuadro 1. Insectos fitófagos asociados al cultivo de la quinua

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Lepidóptera	Gelechidae	<i>Eurysacca</i>	<i>E. melanocampta</i> Meyrick
			<i>E. quinoa</i> Povolny
	Geometridae	<i>Perizoma</i>	<i>P. sordescens</i> Dognin
	Noctuidae	<i>Agrotis</i>	<i>A. ipsilon</i> (Hufnagel)
			<i>C. decolora</i> Guende
		<i>Copitarsia</i>	<i>C. incomoda</i> Walker
			<i>C. turbata</i> Herrich-Schaeffer
		<i>Dargida</i>	<i>D. graminivora</i> Walker
			<i>D. acanthus</i> Herrich-Schaeffer
	<i>Feltia</i>	<i>F. experta</i> Walker	

Lepidóptera	Noctuidae	<i>Helicoverpa</i>	<i>H. quinoa</i>	
			<i>H. titicacae</i> Hardwick	
			<i>H. atacamae</i>	
		<i>Heliothis</i>	<i>H. zea</i> (Boddie)	
			<i>H. titicaquensis</i>	
		<i>Peridroma</i>	<i>P. saucia</i> (Hubner)	
		<i>Pseudaletia</i>	<i>P. unipunctata</i> Haworth	
			<i>P. interrupta</i> Maassen	
		Pyraliadae	<i>Spodoptera</i>	<i>S. eridamia</i> (Cramer)
				<i>S. frugiperda</i> (J. E. Smith)
<i>Herpetogramma</i>	<i>H. bipunctalis</i> (Fabricius)			
<i>Spoladea</i>	<i>S. recurvalis</i> (Fabricius)			
Coleóptera	Bruchidae	<i>Acanthoscelides</i>	<i>A. diasanus</i> (Pic)	
		<i>Acalymma</i>	<i>A. demissa</i>	
	Chrysomelidae	<i>Calligrapha</i>	<i>C. curvilinear</i> Stal	
			<i>Diabrotica</i>	<i>Diabrotica spp.</i>
		<i>Epitrix</i>	<i>Diabrotica specios</i>	
			<i>E. subcrinita</i> Leconte	
	Curculionidae	<i>Adiovistus</i>	<i>E. yanazara</i> Bechyne	
			<i>Adioristus sp.</i>	
	Meloidae	<i>Epicauta</i>	<i>E. latitarsis</i> Haag	
			<i>E. marginata</i> Fabricius	
<i>E. willei</i> Denier				
Tenebrionidae	<i>Meloe</i>	<i>Meloe sp.</i>		
Homóptera	Aphididae	<i>Apis</i>	<i>Pilobalia</i>	
			<i>Pilobalia sp.</i>	
		<i>Macrosiphum</i>	<i>A. craccivora</i> Koch	
			<i>A. gossypii</i> Glover	
<i>Myzus</i>	<i>M. euphorbiae</i> (Thomas)			
Hemíptera	Cicadellidae	<i>Anacuerna</i>	<i>M. persicae</i> (Sulzer)	
		<i>Bergallia</i>	<i>Anacuerna spp.</i>	
		<i>Borogonalia</i>	<i>A. centronilidae</i> (Melichar)	
		<i>Empoasca</i>	<i>Bergallia sp.</i>	
		<i>Paratanus</i>	<i>B. impressifrons</i> (Signoret)	
			<i>Paratanus spp.</i>	
			<i>P. exitiosus</i> (Uhler)	
	<i>P. yusti</i> Young (Uhler)			
	Lygaeidae	<i>Geocoris</i>	<i>Geocoris sp.</i>	
	Miridae	<i>Rhinacloia</i>	<i>Rhinacloia sp.</i>	
Nabidae	<i>Nabis</i>	<i>Nabis sp.</i>		
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella</i>	<i>F. tuberosi</i> Moulton	
			<i>F. tabaci</i> Lindeman	
Díptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i>	<i>L. huidobrensis</i> Blanchard	
Ortóptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i>	<i>G. assimilis</i> Fabricius	

Fuente: Saravia *et al.*, (2014).

2.2. Complejo noctuideo

Se denomina complejo noctuideo o “ticona” de la quinua a un continuo grupo de insectos del género *Helicoverpa*, *Copitarsia* y *Agrotis* de la familia Noctuidae que en su estado larval ocasionan serios problemas al cultivo de la quinua, por consumir hojas y panojas del cultivo, en algunas regiones del altiplano boliviano estos insectos en estado adulto son denominados “rafaelito” o “*Alma q`ipis*” (Saravia y Quispe 2005).

Gómez y Aguilar (2016) indican que, en el Perú, los principales daños que causa el complejo noctuideo son cortar plantas tiernas en la fase de la emergencia y desarrollo vegetativo, en la fase del botón floral son consumidores de hojas, en la fase de formación de la inflorescencia comienzan a minar la panoja afectando al rendimiento del cultivo.

Entre las plagas clave de la quinua en el altiplano boliviano está el complejo noctuideo, constituido por las especies *H. quinoa*, *H. titicacae* y *Copitarsia incommoda* que ocasionan daños y pueden disminuir el 30% del rendimiento de la quinua (Saravia *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Complejo noctuideo (género y especie) del cultivo de la quinua

Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Insecta	Lepidóptera	Noctuideo	<i>Helicoverpa</i> <i>Helicoverpa</i> <i>Copitarsia</i> <i>Copitarsia</i>	<i>H. quinoa</i> Pogue & Harp <i>H. titicacae</i> <i>C. incommoda</i> Walker <i>C. decolora</i> Guenée

Fuente: Saravia *et al.*, (2014).

2.3. *Helicoverpa quinoa*

Michael Pogue del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en coordinación con entomólogos de la Fundación PROINPA, en base a estudios del ADN mitocondrial clarifican que *Helicoverpa gelotopoeon* corresponde a *H. quinoa* (Gandarillas *et al.*, 2014); Además, Saravia *et al.*, (2014), reportan que la especie *Helicoverpa quinoa* es un insecto noctuideo, plaga común e importante del cultivo de la quinua en el altiplano boliviano, con mayor presencia en áreas circundantes al salar de Uyuni (Potosí) y a los contornos del norte del lago Titicaca (La Paz), esta plaga causa daños que afectan al crecimiento vegetativo de la planta.

2.4. Daños causados por *Helicoverpa quinoa*

Esta plaga ocasiona pérdidas del 30 al 70% de producción dañando en su fase vegetativa y reproductiva de la planta, (Gandarillas *et al.*, 2014).

Según Santibáñez (2016), los daños que provoca en su estado larval se alimentan de brotes, tallos y de las hojas tiernas, en la fase de panojamiento se alimenta de flores y granos en formación.

Las larvas de *H. quinoa* recién eclosionadas se alimentan de la inflorescencia en desarrollo, cuando las larvas pasan a otro estadio comienzan a defoliar a la planta de quinoa, esta especie ataca más en la fase de grano lechoso o grano masoso el cual se alimentan de la panoja (Saravia *et al.*, 2014).

2.5. Clasificación taxonómica de *Helicoverpa quinoa*

Según (Saravia *et al.*, 2014), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase:	Insecta
Orden:	Lepidóptera
Sub orden:	Frenatae
Familia:	Noctuidae
Sub familia:	Cuculliinae
Género:	<i>Helicoverpa</i>
Especie:	<i>Helicoverpa quinoa</i> Pogue & Harp

2.6. Ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa*

El ciclo biológico es el tiempo total del insecto desde la copula y fertilización del ovulo hasta llegar a ser adulto, llamado también tiempo de sobrevivencia y longevidad en la fase de adulto (Bravo, 2004).

Huaman (2023), señala que las larvas de las lepidópteras completan su desarrollo larval en seis a siete estadios.

El ciclo de vida de *H. quinoa* criada en laboratorio de Entomología de PROINPA (Viacha, La Paz) a una temperatura de 25° C y 60 % de humedad relativa, tiene una duración de 223 \pm 36 días incluyendo la longevidad del adulto. El periodo de incubación es de 5 \pm 1 días, la duración del estado de larva es de 26 \pm 3 días, el estado de pre-pupa dura 9 \pm 1 días y el de pupa 175 \pm 29 días y el adulto vive un promedio de 6 a 10 días (Saravia *et al.*, 2014).

2.7. Descripción de *Helicoverpa quinoa*

2.7.1. Adulto

El adulto posee antenas filiformes mide alrededor de 19 mm de largo y contiene 35 a 45 mm de expansión alar. El macho es verdoso claro con manchas en las alas y menos aparentes que las hembras, (PROINPA, 2014).

Se alimentan del néctar de las flores de plantas como el botón de oro o qillu-qullu (*Hymenoxis robusta*), chachacoma (*Senecio eriophyton*) y malva o qura (*Taras satenella*) transitando de flor en flor (Gandarillas *et al.*, 2014)

Tiene cuerpo robusto alas anteriores de color marrón con una pequeña mancha circular cercana al centro y áreas oscurecidas en el extremo dista, alas posteriores marrón claro con el extremo distal oscuras (Santibáñez 2016).

2.7.2. Huevo

Las hembras colocan los huevos en forma aislada en el contorno de los bordes de las hojas, los huevos son esferoidales con estrías radiales de color blanquecino claro (Santibáñez, 2016).

Una hembra puede colocar alrededor 1000 a 1500 huevos los huevos son de color blanquecino claro próximos a eclosión (Szwarc, 2014).

2.7.3. Larva

Las larvas tienen una variación de color amarillo a verde claro y negro, tiene un desarrollo máximo de 30 a 35 mm, posee tres bandas dorsales negras y una banda lateral blanquecina clara (PROINPA, 2014).

Las larvas poseen seis estadios de los que se alimentan de hojas, las larvas recién eclosionadas tienden a ser canibalismo cuando existe una cantidad numerosa (se comen entre ellas), en el estadio IV, V y VI es donde las larvas cortan hojas y tallos nuevos ocasionando la caída de la planta y de la panoja (Navarro, 2018).

Según Guzmán *et al.*, 2014, se tiene seis estadios larvales, en esta etapa larval es donde se tiene más la incidencia de daño en los cultivos, en el primer estadio tiene el aparato digestivo visible, el último segmento abdominal es color negro y tiene un punto negro en medio de dos anillos que tienen los primeros segmentos del cuerpo. Llegando al segundo estadio se va tornando de color marrón según su desarrollo la larva se oscurece y pronuncia más sus tubérculos, en el tercer estadio forma manchas blancas en el costado y en el cuarto estadio se torna más oscura los tubérculos se hacen cónicos y desarrolla tres bandas blancas en su dorso. En el quinto estadio se tornan más claras, mientras que la banda longitudinal en su dorso se oscurece, los tubérculos de esta larva se decoloran y se vuelven poco visibles.

2.7.4. Pre pupa

En esta fase de pre-pupa pierde coloración y se hace corrugada no se alimenta ni se mueve y se prepara para empupar (Guzmán *et al.*, 2014).

La pre-pupa es la fase final del crecimiento larval, es el momento en que el ultimo instar deja de consumir las hojas de la planta y se prepara para convertirse en pupa (Vélez, 1997).

2.7.5. Pupa

La pupa posee un color naranja brillante con las divisiones inter segmentales visibles y las marcas oculares de color negro, el cremaster está formado por cuatro procesos a manera de espina su dimorfismo sexual se evidencia claramente en esta etapa ya se puede determinar el sexo de la pupa, cuando el adulto está preparado para emerger la pupa obtiene un color más oscuro (PROINPA, 2014).

El estado de pupa es lo primordial para poder determinar el sexo del insecto, las hembras presentan una abertura genital que queda en la parte del esternito del octavo segmento abdominal también es más grande y tiene más peso que la del macho, los machos presentan el esternito en el noveno segmento abdominal y son más pequeños que las hembras (Rincón y López, 2004).

2.8. Comportamiento *Helicoverpa quinoa*

Esta plaga es altamente polífaga que en su etapa de adulto posee hábitos nocturnos donde la hembra copula y deposita una gran cantidad de huevos en el envés de la hoja de la quinua, el adulto se alimenta del néctar de las flores o botones florales y las larvas se alimentan de las hojas en crecimiento (Navarro *et al.*, 2020).

El comportamiento de los insectos plagas de la quinua en su fase de larva causa daño a la quinua cuando está en la fase de 4 a 6 hojas verdaderas y en la formación de panoja, correspondiente a la primera y segunda generación del insecto (PROINPA, 2008).

2.9. Efecto de la temperatura en los insectos

El aumento de crecimiento de los insectos está influenciado por varios factores bióticos y abióticos, entre los factores abióticos la temperatura es uno de los principales para su desarrollo y determina los límites de las actividades biológicas de los insectos, una temperatura óptima y los umbrales máximos y mínimos determinarían el ciclo biológico, así la temperatura juega un papel importante en la fecundidad y longevidad de los adultos (Callizaya, 2017). En los insectos como otros organismos poiquiloterms, la temperatura influye directamente en su actividad y desarrollo ya que los insectos no pueden regular la temperatura corporal por eso también son denominados “de sangre fría”, el desarrollo del insecto varía conforme a la temperatura (Urra y Apablaza, 2005).

Así mismo, la temperatura tiene un gran efecto sobre la tasa de sobrevivencia de los insectos, la fecundidad y longevidad de los adultos conforme a la temperatura del ambiente. La tasa de actividad y desarrollo usualmente decrece conforme aumenta la temperatura (Minkenberg y Helderman, 1990).

2.10. Temperatura base y constante térmica

2.10.1. Temperatura base

La temperatura es la variable que influye en el desarrollo de las actividades biológicas de los insectos, a medida que aumenta la temperatura el tiempo de desarrollo se acelera y afecta al crecimiento biológico del insecto, se puede valorizar la temperatura óptima entre umbrales máximos y mínimos, el umbral de desarrollo más bajo para una especie es la

temperatura más baja a la que se detiene el desarrollo también se puede entender como temperatura base (Wilson y Barnett, 1983).

Los insectos son capaces de sobrevivir dentro de un rango de ciertos límites por factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y el fotoperiodo, el más sobresaliente factor de evaluación es la temperatura donde se puede estimar la tasa de desarrollo, umbral mínimo de desarrollo (UmD), temperatura óptima (OP), umbral máximo de desarrollo (UMD), por lo cual, la temperatura ejerce un efecto mayor en el desarrollo biológico del insecto (Marco, 2001).

2.10.2. Constante térmica

La constante térmica es la cantidad de calor acumulada que cada insecto requiere para completar su ciclo biológico, esta constante se expresa en grados días lo cual significa que se tomara la temperatura efectiva acumulada en un día (Barrientos *et al.*, 1998). La constante térmica es expresada en grados días (°D) o Unidades de calor acumulada, la constante térmica es la diferencia entre temperatura media del día y la temperatura base de los umbrales de desarrollo (UCIPM 2003).

Los grados días acumulados dependen de la baja y la subida por umbrales, cuanto más bajo sea el umbral inferior se acumulará más los grados día, cuanto más alto es el umbral, menos grados día se acumulará, la temperatura será factor para determinar el desarrollo del insecto (Zalom y Wilson, 1982).

2.11. Métodos para calcular la temperatura base y constante térmica

Existen diversas formas para calcular la constante térmica (Zalom y Wilson, 1982) y (Wilson y Barnett, 1983), mencionan cuatro métodos lineales, siendo uno de ellos el que resta la temperatura umbral inferior (temperatura base) a la temperatura media diaria y el valor resultante se multiplica por los días que demora el desarrollo.

Según Barrientos *et al.*, (1998), el cálculo de la temperatura base o temperatura umbral inferior, a partir de la siguiente formula:

$$k = n (T - Tb)$$

Dónde. k = Constante térmica, n = Días que demora el desarrollo, T = Temperatura promedio y Tb = Temperatura base.

La constante térmica es la misma fórmula para calcular diferentes temperaturas.

$$k = n_1 (T_1 - T_b) = n_2 (T_2 - T_b) = n_3 (T_3 - T_b)$$

Donde n_i son los días de desarrollo en los demás niveles térmicos, T_i es la temperatura promedio en cada nivel y T_b es la temperatura base.

$$T_b = \frac{(n_1) (T_1) - (n_2) (T_2)}{(n_1) - (n_2)}$$

Los valores de T_b son promediados para obtener una estimación más precisa de la temperatura base.

2.12. Cría de insectos en laboratorio

Es necesario la cría de insectos en laboratorio para el apoyo de programas de control a nivel mundial, estos insectos se utilizan para técnicas, control biológico, fines médicos, producción de productos básicos seda, miel, goma laca, cera y lo que es más importante para la agricultura es la investigación para control de plagas, al criar los insectos es necesario considerar las condiciones ambientales, la alimentación de los insectos puede ser más factible con dietas artificiales para tener una cría masiva en ambientes controlados (Cohen, 2018).

El estudio de la biología de una especie de insecto es amplia y diversa donde los datos de desarrollo se obtienen en laboratorio lo cual requiere condiciones ambientales, humedad relativa, alimentación y fotoperiodo (Portilla y Streett, 2006). Trabajos realizados con anterioridad afirman que es factible la crianza de insectos en laboratorio del complejo "ticona" *C. incommoda* y *H. quinoa* ya que son insectos plaga del cultivo de la quinua (PROINPA, 2004).

2.13. Dieta artificial

La dieta artificial es utilizada en laboratorios para el manejo de alimentación de cría masiva de insectos, es esencial tener en cuenta que la dieta artificial ayuda a la investigación y desarrollo del insecto (Mejia, 2012).

El manejo de la dieta artificial provee una gran facilidad de alimentación y prevención de riesgos de contaminación, es una fuente de alimentación fácil de manejar evitando el manejo de plantas huésped brindando los mismos nutrientes que una planta en todo el desarrollo del ciclo larval, la dieta artificial está elaborada a base de harina de poroto, soja, maíz, alfalfa, germen de trigo, se adiciona distintos complejos vitamínicos, agar de alta pureza (Murúa, *et al.*, 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Entomología del Centro de Experimental K'iphak'ipani, dependiente de la Fundación PROINPA, el cual se encuentra a 4 Km de Viacha, Provincia Ingavi, del departamento de La Paz, ubicada geográficamente entre las coordenadas de 16° 40' 30" Latitud Sur y 68° 17' 58" Longitud Oeste, a una altitud de 3.880 msnm y a una distancia de 41 km de la ciudad de La Paz (Callizaya, 2017).

3.2. Materiales

3.2.1. Material Biológico

El material biológico se constituyó de 20 adultos emergidos debidamente sexadas de 10 machos y 10 hembras de *H. quinoa* provenientes de una cría experimental del centro K'iphak'ipani facilitados por la Fundación PROINPA.

3.2.2. Material de laboratorio

Materiales y equipos que fueron utilizados; estereoscopio, estantes metálicos 2 x 1.20 metros, pinzas metálicas, tela tul, pinceles (N° 000 y 00), algodón, miel de abeja, papel toalla, tapers plásticos, alcohol al 70%, bandejas de plástico de 500 cm³, frascos de vidrio, humidificador, lámpara de luz, temporizadores (controladores de luz), refrigerador Whirlpool, termo ventilador, calefones (generador de calor), termómetro de máximas y mínimas, agua destilada, balanza de precisión de tres dígitos Ohaus, cámara fotográfica, atomizadores y bandas elásticas.

3.2.3. Material de gabinete

Computadora, impresora, calculadora, cuaderno de registro, marcadores, hojas bond, borrador, regla, lápiz, tablero y plastaformo, tijera, scotch y masking.

3.3. Metodología

3.3.1. Desarrollo del ensayo

Para la implementación y avance del estudio, se realizó la limpieza y desinfección de los ambientes de cría de *H. quinoa*, se acondicionaron la temperatura y humedad relativa requerida y un fotoperiodo a 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, con el apoyo de algunos equipos como ser; termómetro de máximas y mínimas, vaporizador para la humedad relativa de $60\pm 5\%$, termo ventilador, timers (controladores de luz), arduino y radiador (calefón), y posteriormente se realizó el registro de la temperatura de cada ambiente de cría por 48 horas.

3.3.2. Condiciones ambientales para la cría de *Helicoverpa quinoa*

Para determinar la temperatura base y la constante térmica de *H. quinoa* se acondicionó cinco ambientes con distintas temperaturas, una humedad relativa de $60\pm 5\%$ y un fotoperiodo de 12 horas luz (focos LED 10w) y 12 horas de oscuridad (Cuadro 3), las salas de cría constan de 3 m de largo x 2 m de ancho y 3 m de alto.

Cuadro 3. Condiciones de los ambientes de cría

Ambiente	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Temperatura 1	10,8±2,4	60±5
Temperatura 2	17,1±1,3	60±5
Temperatura 3	20,6±1,3	60±5
Temperatura 4	24,7±1,5	60±5
Temperatura 5	29,9±1,1	60±5

3.3.3. Previsión del material experimental

Para disponer del material experimental (huevos) de *H. quinoa* se realizó la colecta y sexado de pupas (5 macho y 5 hembra) proporcionados por la Fundación PROINPA Laboratorio de entomología K'iphak'ipani, en la sala de cría a $21\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ HR, una vez

que emergieron los adultos fueron puestos en cámaras de cópula y oviposición de 12 cm de diámetro, 25 cm de alto y 21 cm de profundidad, las cuales tenían en su interior cuatro tiras de papel toalla en forma vertical de 22 x 8 cm para la postura, también en un recipiente de 3 cm de diámetro se puso un pedazo de algodón humedecido en miel de abeja al 10% para la alimentación del adulto, el recipiente fue cubierto con tela tul para evitar que el adulto se escape y que tenga circulación del aire, posteriormente estas cámaras fueron acomodados en los estante metálico del ambiente.

Una vez iniciada la postura se colectaron las tiras de papel toalla donde se observaron los huevos, la colecta de posturas se realizó diariamente cambiando las tiras de papel toalla para luego colocarlos en recipientes de plástico (20 x 12 x 3,5 cm) con su respectiva tapa, el trabajo de investigación se empezó con la postura del sexto día, porque la cantidad de posturas fue la necesaria.

3.3.4. Dieta artificial para la cría de *Helicoverpa quinoa*

Para la alimentación de las larvas de *H. quinoa* se utilizó la dieta artificial, recomendada por Ortiz (2023), a base de frijol y germen de trigo, para su preparación se utilizó los siguientes ingredientes (Cuadro 4):

Cuadro 4. Ingredientes de la dieta artificial

Nº	Ingredientes	Cantidad
1	Frijol	165 g
2	Germen de trigo	80 g
3	Levadura	30 g
4	Ácido Ascórbico	5 g
5	Ácido Sorbido	3 g
6	Nipagin (metil partabeno)	7 g
7	Gentamicina o Tetraciclina	2 ml
8	Complejo B multivitaminas	1 ml
9	Formaldehido (40%)	3,5 ml
10	Carraginina (carralac Maprial)	17 g
11	Agua	1400 ml

Fuente: Ortiz (2023)

La dieta artificial se preparó con los siguientes pasos:

1. Se pesó 165 gramos de frijol carioca y se remojó en agua caliente durante 12 horas

2. Se hizo hervir 1400 ml de agua.
3. Se pesó los ingredientes (2, 3, 4, 5, 6 y 10 del cuadro 4) y se mezcló en un recipiente plástico desinfectado.
4. Se licuó el frijol durante cinco minutos con 500 ml de agua caliente ya anteriormente hervido.
5. Se puso una olla a fuego lento para luego añadirlo el frijol licuado y con la ayuda de una paleta de madera se batió constantemente para evitar que se quemara.
6. Luego, se licuó durante dos minutos la levadura, germen de trigo, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin y carraginanina con 600 ml del agua hervida (el agua no debe ser caliente).
7. Luego a los 15 minutos de haber echado a hervir el frijol, se añadió el licuado de la levadura, germen de trigo, etc. el resto del agua que sobra (300 ml) se añade a la olla limpiando los restos del licuado.
8. A los veinticinco minutos se le agregó el formaldehído, gentamicina y complejo B hasta que hirviera tres minutos.
9. Se vertió la mezcla en dos bandejas plásticas desinfectadas con alcohol al 70 %, para que enfrié y gelifique a temperatura ambiente durante media hora y por último, se almacena en el refrigerador.

3.3.5. Procedimiento experimental

El presente estudio se realizó entre el mes de marzo 2022 a diciembre de 2023 cuya metodología fue ajustado según los ensayos pre establecidos, y a continuación, se describe la metodología empleada.

3.3.5.1. Ciclo biológico de *H. quinoa* bajo cinco condiciones de temperatura

Para determinar la duración del ciclo de vida de *H. quinoa* se implementó posturas de adultos hembras y fueron realizadas de las siguientes actividades.

3.3.5.2. Manejo de huevos

Para el manejo de huevos de *H. quinoa* se colectaron posturas del quinto día, los cuales fueron contabilizados y designados al azar 200 huevos a cada ambiente, (10.8 ± 2.4 ,

17.1±1.3, 20.6±1.3, 24.7±1.5 y 29.9±1.1 °C), donde los huevos maduraron en recipientes plásticos desinfectados de 800 ml hasta que llegaron a eclosionar larvas neonatas.

Para determinar el tiempo de duración del estado de huevo hasta la eclosión de larvas se registró la fecha de oviposición de los adultos y la fecha de eclosión de larvas, a través de un monitoreo diario.

3.3.5.3. Manejo de larvas

Una vez eclosionada las larvas del primer estadio, se procedió a individualizar en recipientes plásticos de cría de 50 ml, luego de desinfectar cada recipiente, se colocó en su base papel toalla 3 x 3 cm para absorber el exceso de humedad de la dieta, luego se introdujo 1.5 cm³ de dieta artificial, seguidamente con la ayuda de un pincel N° 00 se tomó al azar a cada larva y fue colocado sobre dieta artificial, para que la larva no se escape se cubrió el recipiente de cría, posteriormente se pusieron etiquetas en la parte delantera de la tapa del recipiente de cría para realizar un control eficaz de los individuos en estudio, luego estos envases se agruparon en bandejas de plastroformo y fueron acomodados en estantes metálicos de cada ambiente.

El seguimiento a la cría de larvas fue constante y una vez que se terminaba la dieta artificial (alimento), se colocaba otra dieta hasta completar el estado de larva, al igual que del papel toalla del recipiente para evitar exceso de humedad.

Para registrar el cambio de los estadios larvales se controló diariamente a través de un estereoscopio la presencia de capsulas cefálicas y el exoesqueleto (muda) que deja la larva, por consiguiente, las capsulas cefálicas fueron colectadas de los seis estadios en frascos de vidrio de 10 ml con alcohol al 70%, procedimiento que se realizó en los cinco ambientes de cría para tener un control del cambio del estadio.

3.3.5.4. Manejo de pre pupa

En esta fase de pre pupa solo se observó al insecto, donde presento inactividad de movimiento y dejó de alimentarse, se ocultó debajo de la dieta artificial, el tiempo de duración del estadio de pre pupa se determinó desde que la larva dejó de alimentarse hasta que se transformó en pupa.

3.3.5.5. Manejo de pupa

Las pupas obtenidas de *H. quinoa* fueron mantenidas en recipientes plásticos de 50 ml donde las pupas presentaban un color de naranjado rojizo al pasar los días, al quinto día se registró su peso con ayuda de una balanza de precisión de tres dígitos, posteriormente se realizó el sexado de cada pupa, el sexado fue realizada con la ayuda del estereoscopio desinfectado y todos los datos fueron registrados, el tiempo de duración se registró desde la formación de pupa hasta el estado de emergencia de adultos.

3.3.5.6. Manejo de adultos

Tres parejas de adultos de *H. quinoa* recién emergidos por ambiente de cría que fueron agrupados en cámaras de copula y oviposición de 12 x 25 x 21 cm, que tenía en su interior cuatro tiras de papel toalla de 22 x 8 cm para la postura, y una mota de algodón humedecido en miel de abeja al 10% para la alimentación del adulto posteriormente las cámaras de cría fueron acomodados en estantes metálicos de cada ambiente cría.

Para determinar el tiempo de duración del estado adulto se registró la fecha de emergencia de cada *H. quinoa* hasta el momento de su muerte.

3.3.6. Diseño experimental

La presente investigación se realizó bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (temperatura) y cuatro repeticiones, cada repetición estuvo formada por 50 larvas de *H. quinoa*, El modelo lineal aditivo según el modelo descrito por Ochoa (2009) es:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general de experimento

α_i = Efecto del i-ésimo nivel de temperatura

ε_{ij} = Error experimental

3.3.7. Factores de estudio

La investigación fue realizada en salas de cría de 3 x 2 x 3 m, acondicionadas a cinco temperaturas con una humedad relativa (HR) de $60\pm 5\%$ y un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad.

Cuadro 5. Tratamiento y temperaturas

Tratamiento	Temperatura (°C)	Número de larvas
Temperatura 1	10,8±2,4	200 larvas
Temperatura 2	17,1±1,3	200 larvas
Temperatura 3	20,6±1,3	200 larvas
Temperatura 4	24,7±1,5	200 larvas
Temperatura 5	29,9±1,1	200 larvas
	Total	1000 larvas

3.3.8. Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas según los objetivos planteados fueron:

3.3.9. Respuesta del ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura

El efecto de la temperatura en el desarrollo de *H. quinoa* se determinó a través de las siguientes variables.

3.3.9.1. Tiempo de desarrollo en el estado de huevo

Esta variable se determinó, registrando el desarrollo del estado de huevo desde la colecta de las posturas (huevo) hasta la eclosión de larvas neonatas en días.

3.3.9.2. Tiempo de desarrollo en el estado de larva

Esta variable se determinó, registrando la duración de este estado en días desde la fecha de eclosión de las primeras larvas neonatas hasta la formación del estado de pupa.

3.3.9.3. Tiempo de desarrollo en el estado pupa

Esta variable se determinó en días, procediendo al registro continuo desde la fecha de la formación de pupa hasta la emergencia del adulto.

3.3.9.4. Tiempo de desarrollo en el estado de adulto

Esta variable se determinó en días, desde la fecha de emergencia del adulto hasta la muerte del individuo.

3.3.9.5. Porcentaje de supervivencia

La supervivencia se determinó cuantificando a los individuos vivos en los estados de huevo, larva, pupa y adulto, a través de un seguimiento continuo (cada día) del desarrollo del ciclo de vida de *H. quinoa*.

3.3.10. Temperatura base (umbral mínimo de temperatura) y constante térmica de desarrollo (grados días) necesarios para el desarrollo de *H. quinoa*

A partir de la información el tiempo de desarrollo (n) y cinco niveles térmicos con temperatura media (T), se estimó la temperatura base y constante térmica para los estados de huevo, larva y pupa de *H. quinoa* empleando el método de regresión lineal simple, mediante una ecuación donde la tasa de desarrollo ($1/n_i$) es la variable dependiente, la temperatura promedio (T_i) es la variable independiente, los términos $1/k$ y T_b/k son constantes que pueden determinarse como regresión lineal. Por lo cual se utilizó la siguiente función térmica.

$$\frac{1}{n_i} = \frac{1}{k} * T_i - \frac{T_b}{k}$$

Donde:

n_i = Duración promedio de desarrollo (días) en los cinco niveles térmicos ($i=1, 2, 3, 4, 5$).

T_i = Temperatura promedio (°C) en cada nivel ($i=1, 2, 3, 4, 5$).

k = Constante térmica (°D) o Unidad de Calor Acumulada (UCD).

T_b = Temperatura base o Umbral mínimo de temperatura (°C).

3.3.11. Fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultas hembras de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura

3.3.11.1. Fecundidad

Para determinar esta variable de fecundidad se realizó el registro diario de las posturas (huevos) que fueron puestas en las jaulas de oviposición de cada hembra por ambiente, la

colecta de las posturas fue realizada desde el primer día que fueron puesto una pareja de tres (macho y hembra) hasta el último día.

3.3.11.2.Fertilidad

Para realizar la estimación de fertilidad se contabilizo la cantidad de larvas eclosionadas a partir de las posturas obtenidas de la colecta diaria de las hembras de *H. quinoa*, este acto se realizó todo el periodo de postura.

3.3.12. Análisis estadístico

3.3.12.1.Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) sacando promedios por repetición de los valores de tiempo de desarrollo ciclo biológico, porcentaje de supervivencia, fecundidad, fertilidad y oviposición de *H. quinoa* utilizando el Software de SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4.

3.3.12.2.Prueba de medias de Duncan

Los resultados obtenidos fueron realizados por la prueba de significancia de Duncan al 5% de los valores promedios elaborados por tratamiento, utilizando el Software de SAS versión 9.4. Para el análisis prueba de media de Duncan de los parámetros de tiempo de desarrollo ciclo biológico, porcentaje de supervivencia, fecundidad, fertilidad y oviposición de *H. quinoa*.

3.3.12.3.Regresión lineal simple

Se realizó la regresión lineal simple y su ajuste por el método de mínimos cuadrados, para el análisis de temperatura base y constante térmica de los estados de huevo, larva y pupa de *H. quinoa*, mediante el análisis con el software de SAS versión 9.4.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Respuesta del ciclo biológico de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura

4.1.1. Tiempo de desarrollo del estado de huevo

En la Figura 1, se muestra los valores promedio del tiempo de desarrollo de *H. quinoa* en estado de huevo, donde se observa que el tiempo de desarrollo de este estado se reduce con el incremento de la temperatura, registrando 24 días en promedio para 10,8°C el cual disminuye a 3,2±0,3 días a 29,9°C, mostrando que el desarrollo de estado de huevo es inversamente proporcional al incremento de temperatura.

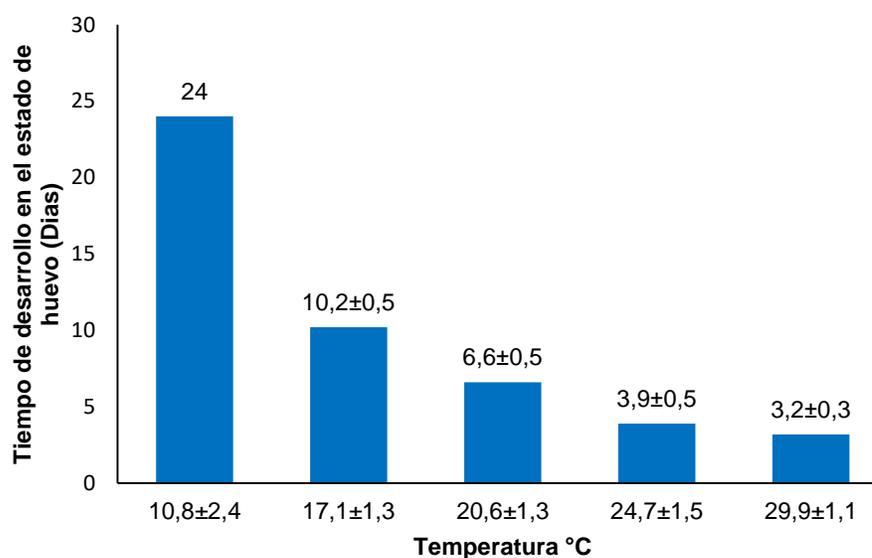


Figura 1. Tiempo de desarrollo del estado de huevo en cinco niveles de temperatura

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para el tiempo de desarrollo en estado de huevo de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cinco niveles de temperatura.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de huevo

FV	GL	CM	
		Huevo	<i>p</i>
Tratamiento	4	1282,95	<,0001**
Error	316	0,099154	
R ²		0,99	
CV (%)		5,17	

**=Altamente significativo
CV=Coeficiente de variación

El coeficiente de variación nos da un valor de 5,17 %, el cual nos muestra que los valores analizados son confiables, estando dentro del margen de aceptación.

La prueba de medias de Duncan muestra que en el estado de huevo, cada nivel de temperatura dio un tiempo de desarrollo significativamente diferente respecto a los otros niveles de estudio, siendo el tiempo más corto a 29,9±1,1°C con 3,2 días y el más largo a 10,8±2,4°C con 24 días, y los valores del resto de las temperaturas son intermedias.

Cuadro 7. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de huevo

Temperatura (°C)	Media (días)	Duncan
10,8±2,4	24,0	A
17,1±1,3	10,2	B
20,6±1,3	6,6	C
24,7±1,5	3,9	D
29,9±1,1	3,2	E

Marco (2001), afirma que entre todos los factores ambientales la temperatura es una variable que juega un papel importante en el desarrollo del ciclo biológico en los estados del insecto, aspecto que se corroboró en el presente estudio.

Callizaya (2017), determinó que el periodo de desarrollo en estado de huevo de *C. incommoda* es inversamente proporcional a la temperatura, obteniendo 15,81 días a 12,63°C, 8 días a 18,11°C, 5,44 días a 20,22°C 4,31 días a 24,96°C y la máxima 3 días a

30,05°C, los resultados del presente trabajo son casi similares al reporte de Callizaya (2017), con una diferencia de 8,2 días para la temperatura 10,8°C y 1,1 día para las demás temperaturas.

Así mismos, Gómez (2021), menciona los resultados de *H. quinoa* a una temperatura de 21°C con una humedad relativa de 60% obteniendo el tiempo de desarrollo del estado de huevos a 6 ± 1 días en promedio, siendo similar del presente trabajo con una diferencia mínima.

4.1.2. Tiempo de desarrollo del estado de larva

En la Figura 2, se muestra los valores promedio del tiempo de desarrollo de *H. quinoa* en estado de larva, donde se muestra que el tiempo de desarrollo de este estado se reduce con el incremento de la temperatura, adquiriendo un valor de $141\pm 15,8$ días en promedio para 10,8°C, el cual reduce a $23,5\pm 3,9$ días a una temperatura de 29,9°C, mostrando que el desarrollo de estado de larva es proporcional al incremento de la temperatura.

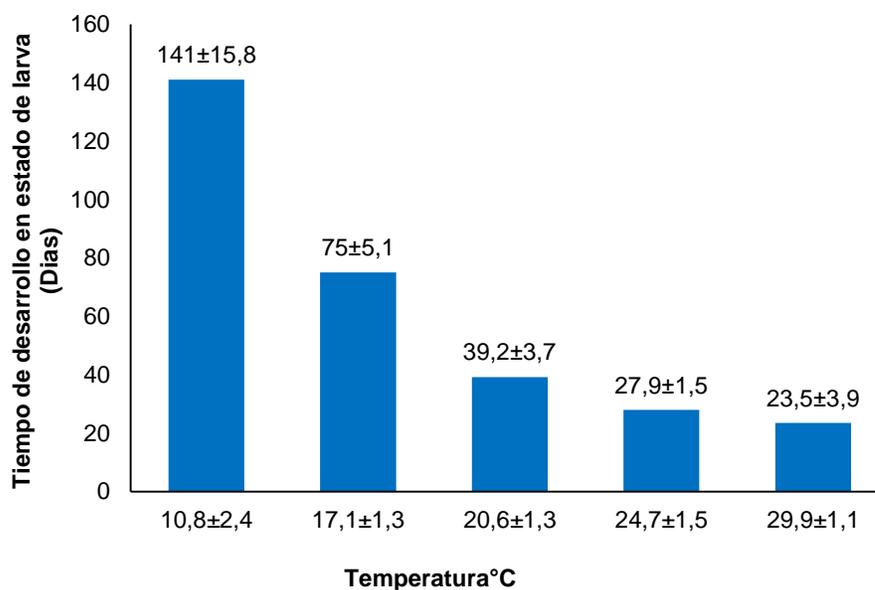


Figura 2. Tiempo de desarrollo del estado de larva en cinco niveles de temperatura

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para el tiempo de desarrollo en estado de larva de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cinco niveles de temperatura.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de larva

FV	GL	CM	
		Larva	<i>p</i>
Tratamiento	4	47631,36	<,0001**
Error	316	16,75	
R ²		0,973722	
CV (%)		10,21	

**=Altamente significativo
CV=Coeficiente de variación

El coeficiente de variación nos da un valor de 10,21 %, indicando que el modelo lineal aditivo ha tenido una aceptación favorable obteniendo datos del estudio y los valores analizados, están en el margen de aceptación.

La prueba de medias de Duncan muestra que en cada nivel de temperatura se dio un tiempo de desarrollo en estado de larva significativamente diferente respecto a los otros niveles de estudio, siendo el tiempo de desarrollo de larva más corto a 29,9±1,1°C con 23,5 días y el más largo a 10,8±2,4°C con 141 días, y los valores del resto de las temperaturas son intermedias.

Cuadro 9. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de larva

Temperatura (°C)	Media (días)	Duncan
10,8±2,4	141,0	A
17,1±1,3	75,0	B
20,6±1,3	39,2	C
24,7±1,5	27,9	D
29,9±1,1	23,5	E

Según Urra y Apablaza (2005), las larvas de *C. decolora* requiere 18,8 días para su desarrollo a 23,9 °C y 35,1 días a una temperatura de 18,0°C alimentado con brotes de alfa alfa (*Medicago sativa*) y con brácteas de alcachofa (*Cynara scolymus*), comparando con los resultados del presente trabajo a similar temperatura de (24,7 y 17,1°C) el tiempo de desarrollo fue mayor a 27,9 y 75 días esta variación podría estar influenciado por el tipo

de alimentación y la especie, ya que el presente trabajo se elaborado con dieta artificial recomendado por Ortiz (2023), a base de frijol, germen de trigo y la especie fue *H. quinoa*.

Respecto al tiempo de desarrollo del estado de larva Callizaya (2017), señala que las larvas de *C. incommoda* a 12.63, 18.11, 20.22, 24.96 y 30.05 °C obtiene el desarrollo larval en 76.27, 39.69, 28.07, 20.94 y 18.70 días, respectivamente, con dieta artificial, resultados que son menores a los reportados en el presente trabajo, esta diferencia podría estar influenciado por la especie de insecto, porque en el presente estudio se trabajó con *H. quinoa*.

En la investigación realiza por Ortiz (2023), el tiempo de desarrollo larval para *H. quinoa* a una temperatura de 21°C alimentado con tres tipos de dieta artificial, registro una duración mínima de $42,51 \pm 5,42$ días el cual es superior al reportado en el presente estudio. Sin embargo, similar al reportado por, Gómez (2021).

4.1.3. Tiempo de desarrollo del estado de pupa

En la Figura 3, se obtiene los valores promedio del tiempo de desarrollo de *H. quinoa* en estado de pupa, donde se observa que el tiempo de desarrollo del insecto se reduce con el aumento de la temperatura, adquiriendo un valor de $281 \pm 11,8$ días en promedio para 10,8°C, el cual se reduce a $10,5 \pm 2,3$ días a 29,9°C, mostrando que el desarrollo de estado de larva es proporcional al incremento de la temperatura.

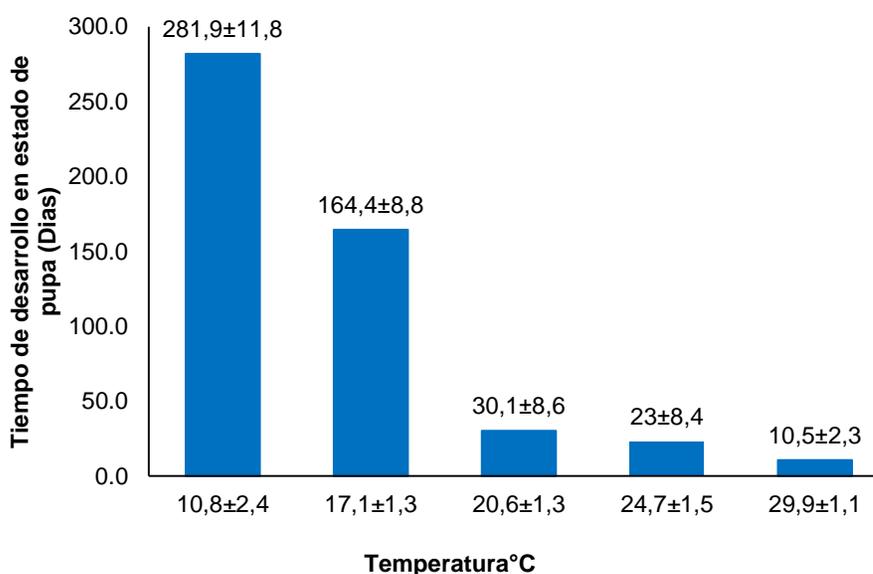


Figura 3. Tiempo de desarrollo del estado de pupa en cinco niveles de temperatura

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para el tiempo de desarrollo en estado de pupa de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cinco niveles de temperatura.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de pupa

FV	GL	CM	
		Pupa	p
Tratamiento	4	322570,94	<,0001**
Error	316	51,61	
R ²		0,988009	
CV (%)		15,12	

**=Altamente significativo
CV=Coefficiente de variación

El coeficiente de variación nos da un valor de 15,12 %, el cual nos afirma que los valores analizados son confiables, estando dentro del margen de aceptación.

La prueba de medias de Duncan muestra que en cada nivel de temperatura se dio un tiempo de desarrollo en estado de pupa significativamente diferente, siendo el tiempo más corto de desarrollo de pupa a $29,9 \pm 1,1^\circ\text{C}$ con 10,5 días y el más largo a $10,8 \pm 2,4^\circ\text{C}$ con 281,9 días, y los valores del resto de las temperaturas son intermedias.

Cuadro 11. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de pupa

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Media (días)	Duncan
$10,8 \pm 2,4$	281,9	A
$17,1 \pm 1,3$	164,4	B
$20,6 \pm 1,3$	30,1	C
$24,7 \pm 1,5$	23,0	D
$29,9 \pm 1,1$	10,5	E

Según Flores (2023), señala que el desarrollo de las pupas de *E. melanocampta* a de $10,3$, $15,2$, $19,9$, $24,9$ y $29,8^\circ\text{C}$ reporta una duración de 66.7, 26.1, 12.7, 7.2, 5.2 días en promedio, respectivamente, los cuales son menores a los reportados en el presente trabajo,

esta diferencia podría deberse a la especie, aunque *E. melanocampta* es también plaga de la quinua, sin embargo, corresponde a la familia Gelechiidae y *Helicoverpa* es Noctuidae.

Por otro lado, para Callizaya (2017), reporta que para *C. incommoda* el desarrollo del estado de pupa es 80.10, 32.29, 21.43, 15.84 y 12.14 días a 12.63, 18.11, 20.22, 24.96 y 30.05°C, respectivamente, datos que son menores a los registrados en el presente estudio, diferencias que también podrían deberse por ser otra especie de plaga de la quinua.

4.1.4. Tiempo de desarrollo del estado de adulto

En la Figura 4, se muestra los valores promedio del tiempo de desarrollo de *H. quinoa* en estado de adulto, donde el tiempo de desarrollo se reduce conforme va creciendo la temperatura, obteniendo un valor de $17,6 \pm 5,7$ días en promedio para $17,1^\circ\text{C}$, con un equivalente inferior a $6,1 \pm 1,7$ días a una temperatura de $29,9^\circ\text{C}$, mostrando que el desarrollo del insecto en estado de adulto es proporcional al incremento de la temperatura.

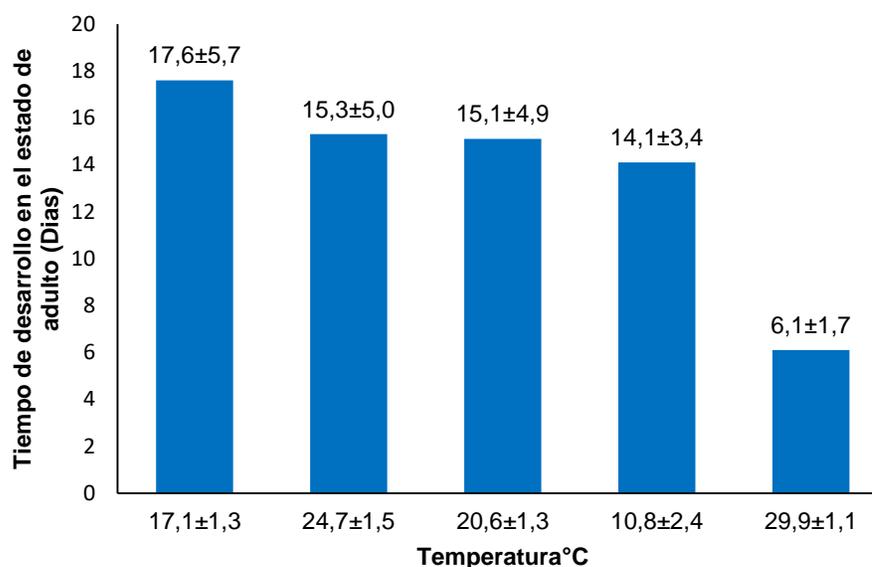


Figura 4. Tiempo de desarrollo del estado de adulto en cinco niveles de temperatura

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para el tiempo de desarrollo en estado de adulto de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cinco niveles de temperatura.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el tiempo de desarrollo del estado de adulto

FV	GL	CM	
		Adulto	<i>p</i>
Tratamiento	4	1532,58	<,0001**
Error	316	13,27	
R ²		0,607455	
CV (%)		28,83	

**=Altamente significativo
CV=Coeficiente de variación

El coeficiente de variación nos da un valor de 28,83 %, indicando que la investigación realizada ha tenido un manejo aceptable, estando en el margen de aceptación.

La prueba de medias de Duncan muestra que en cada nivel de temperatura se dio un tiempo de desarrollo en estado de adulto significativamente diferente, siendo el tiempo de desarrollo de adulto entre machos y hembras más corto a 29,9±1,1°C con 6,1 días y el más largo a 17,1±1,3°C con 17,6 días, y los valores del resto de las temperaturas son intermedias.

Cuadro 13. Prueba de medias de Duncan para el tiempo de desarrollo del estado de adulto

Temperatura (°C)	Media (días)	Duncan
17,1±1,3	17,6	A
24,7±1,5	15,3	B
20,6±1,3	15,1	B
10,8±2,4	14,1	B
29,9±1,1	6,1	C

Gómez (2021), reporta un menor periodo de desarrollo en el estado de adulto de *H. quinoa* a una temperatura de 21°C a comparación de los resultados obtenidos del presente trabajo, lo cual podrían ser explicados porque empleo otro tipo de dieta artificial.

Por otro lado, Callizaya (2017), encontró el tiempo de vida del estado de adulto para *C. incommoda* que es inversamente proporcional a la temperatura adquiriendo entre 30 días su máxima y 4,72 días su mínima para 12,63 y 30,05 °C, respectivamente, los cuales son

diferentes a los reportados en el presente estudio, esta diferencia puede deberse al tipo de especie y manejo de alimentación evaluada.

4.1.5. Tiempo de desarrollo total

En la Figura 5, se muestra los valores promedio del tiempo de desarrollo del ciclo biológico de *H. quinoa*, donde se obtiene que el tiempo total de desarrollo del ciclo biológico, el cual se reduce con el incremento de la temperatura, registrando $461 \pm 13,5$ días en promedio para $10,8^\circ\text{C}$, y $43,2 \pm 4,1$ días a $29,9^\circ\text{C}$. Por tanto, el ciclo biológico *H. quinoa* es inversamente proporcional al incremento de temperatura.

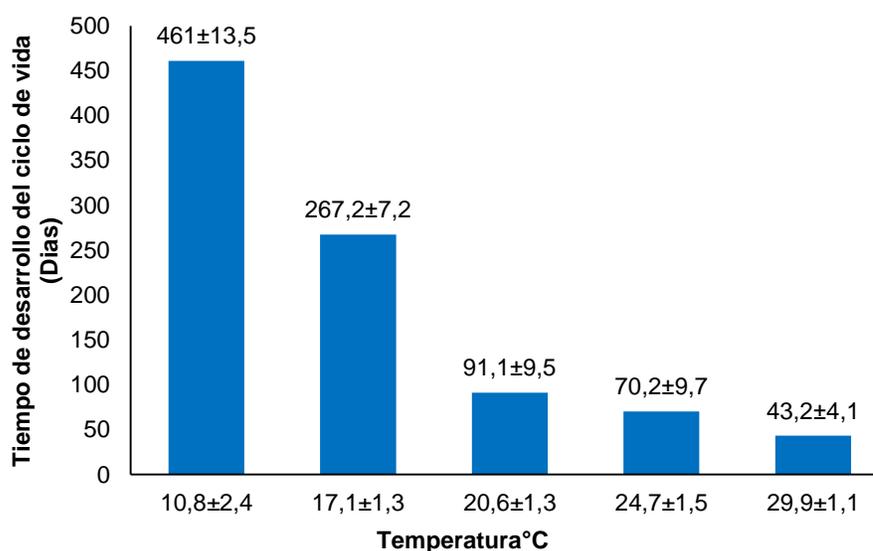


Figura 5. Ciclo biológico en cinco niveles de temperatura

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para el ciclo biológico de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cinco niveles de temperatura.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el ciclo biológico

FV	GL	CM	<i>p</i>
Tratamiento	4	695375,14	<,0001**
Error	316	64,07	
R ²		0,99	
CV (%)		7,53	

**=Altamente significativo
CV=Coefficiente de variación

El coeficiente de variación nos da un valor de 7,53 %, el cual nos muestra que el valor del modelo lineal aditivo es confiable, estando dentro del margen de aceptación.

La prueba de medias de Duncan muestra que en cada nivel de temperatura se dio un tiempo de desarrollo significativamente diferente respecto a los otros niveles de estudio, siendo el tiempo del ciclo biológico más corto a 29,9°C con 43,2 días y el más largo a 10,8°C con 461 días, y los valores del resto de las temperaturas son intermedias.

Cuadro 15. Prueba de medias de Duncan para el ciclo biológico

Temperatura (°C)	Media (días)	Duncan
10,8±2,4	461,0	A
17,1±1,3	267,2	B
20,6±1,3	91,1	C
24,7±1,5	70,2	D
29,9±1,1	43,2	E

Choquehuanca (2011), registro el ciclo total de *C. incommoda* en 71,8 días a una temperatura 25±2°C, humedad relativa de 65 ± 5 % y 12 horas luz datos que son diferentes a los resultados del presente estudio en la misma temperatura, también Ortiz (2023), con la misma dieta artificial (a base de frijol, germen de trigo) y una temperatura de 21±3°C reporto 97,9±7,5 días de desarrollo del ciclo de vida de *H. quinoa* que fue similar a los resultados obtenidos. Gómez (2021), con la misma especie y temperatura registró 189,1±7,42 días, el cual también difiere a los resultados reportados en el presente estudio.

Así mismo, Callizaya (2017), registró el ciclo total de *C. incommoda* en cinco temperaturas con un valor de 202,18 días para 12,63°C que fue el promedio máximo y 38,57 días a 30,05°C que fue su promedio mínimo, comparando con los datos encontrados del presente trabajo son diferentes encontrando un valor elevado en 461,0 días para 10,8°C y 43,2 días a 29,9°C, esta diferencia puede deberse a que se trabajó en diferentes temporadas, son diferentes especies, comportamientos disímiles, y una alimentación distinta.

4.1.6. Porcentaje de supervivencia *Helicoverpa quinoa*

La Figura 6, muestra el porcentaje de supervivencia de cada uno de los estados de desarrollo de *H. quinoa*, los cuales muestra diferencias significativas en el aumento de la temperatura sobresaliendo la temperatura 20,6°C, el cual registra un mayor porcentaje de supervivencia comparado con la menor cantidad de sobrevivientes que registra en la temperatura 10,8°C.

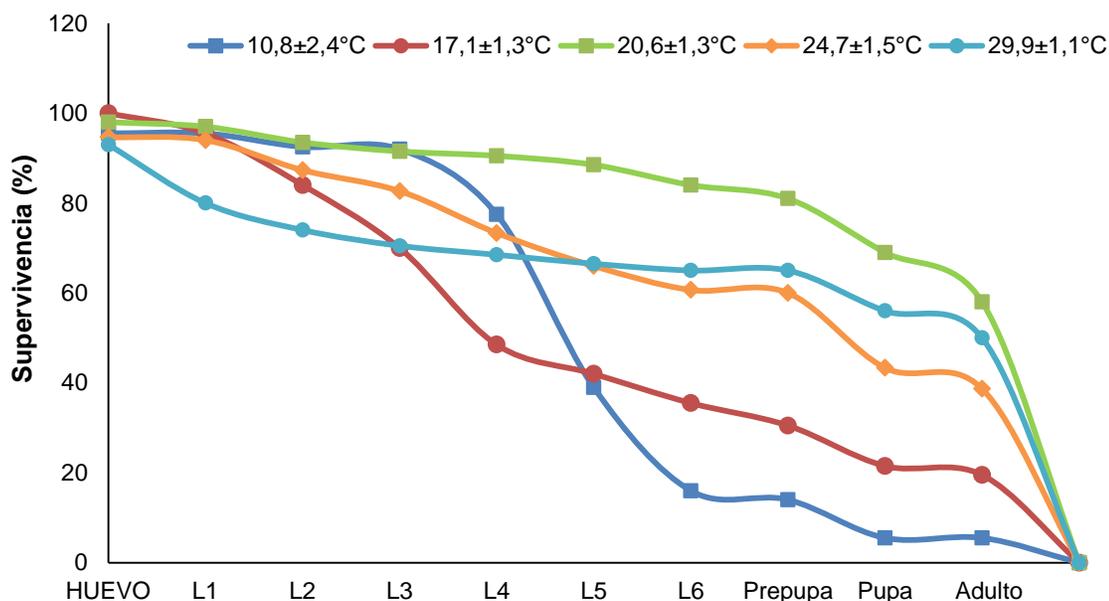


Figura 6. Porcentaje de supervivencia de cada uno de los estados de desarrollo de *H. quinoa* en cinco temperaturas

Los resultados obtenidos del Cuadro 12, nos demuestra que el porcentaje de supervivencia varían según los estados y estadios de desarrollo de *H. quinoa*.

En el estado de huevo la supervivencia más alta se registró en la temperatura 20,6°C cuyo valor fue de 100% y la supervivencia más baja se observó en el ambiente 29,9°C con el 93% de supervivencia, el primer estadio (L1) registra una supervivencia de 97% a una temperatura de 20,9°C y el mínimo fue de 80% en el ambiente 29,9°C, del mismo modo para el segundo estadio (L2) se observó un 93% de supervivencia alta comparado con el mínimo del ambiente 29,9°C con un 80% de supervivencia. Mientras que para el tercer estadio (L3) la más alta supervivencia fue de 92% con la temperatura de 10,8°C y la mínima fue de 70% de la temperatura 29,9°C. En el cuarto estadio (L4) la supervivencia resaltante fue de 90% de la temperatura 20,6°C y la mínima fue de 48% del ambiente 17,1°C, el quinto estadio

(L5) la supervivencia mayor fue de 88% del ambiente 20,6°C y 39% la más baja de la temperatura 10,8°C. Por lo cual el sexto estadio larval (L6) se obtiene un 84% en una temperatura de 84% y 16% que fue la mínima del ambiente 10,8°C.

La pre-pupa en su mayor porcentaje de supervivencia se tuvo en el ambiente 20,6°C con un 81% de insectos vivos y la menor sobrevivencia se registró con un 14% a una temperatura de 10,8°C. Por otra parte, el estado de pupa registró un mínimo de 5% del ambiente 10,8°C y un máximo de 69% del ambiente 20,6°C, por último, se obtuvo una supervivencia de 58% en el estado de adulto con una temperatura de 20,6°C y un registro menor fue de 5% en el ambiente 10,8°C respectivamente.

La temperatura 20,6°C tuvo un mayor porcentaje de supervivencia de insectos de *H. quinoa*.

Cuadro 16. Efecto de la temperatura sobre la tasa de supervivencia de *H. quinoa*

Estado	10,8°C	17,1°C	20,6°C	24,7°C	29,9°C	CV (%)	Pr>F
Huevo	95,5±9	100	98±4	94,7±9,2	93±8,2	6,50	0,4713ns
L 1	95,5±9	95,5±7,7	97±3,8	94±8,7	80±8,2	7,39	0,0271*
L 2	92,5±9	84±14,3	93,5±3,4	87,3±13,3	74±7,8	11,12	0,0871ns
L 3	92±9,1	70±25,4	91,5±3	82,7±14,5	70,5±5,5	16,22	0,0895ns
L 4	77,5±12,8	48,5±32,7	90,5±4,1	73,3±28,9	68,5±4,4	26,48	0,0943ns
L 5	39±11,1	42±32	88,5±5,5	66±34,9	66,5±3,4	32,76	0,0263*
L 6	16±2,3	35,5±28,1	84±10,5	60±31,9	66±3,5	30,77	0,0008**
Pre pupa	14±1,6	30,5±23,6	81±13,9	60±31,9	65±3,5	29,82	0,0003**
Pupa	5,5±1,9	21,5±19,1	69±11,8	43,3±29,1	56±7,7	33,69	0,0002**
Adulto	5,5±1,9	19,5±16,4	58±14,0	38,7±25,3	50±4,3	28,49	<,0001**

°C=Temperatura

**=Altamente significativo

*=Significativo

ns=No significativo

Para los individuos de *H. quinoa* según Ortiz (2023), reporta que el porcentaje de supervivencia es del 98% para estado de huevo, 88,9% estado de larva, 79,7% estado pupa y 76,8% para el estado de adulto en promedio, comparando con los resultados del presente estudio en la misma temperatura de 20,6°C con una idéntica alimentación, existe una supervivencia mayor en las mismas temperaturas en comparación con los demás ambientes.

Callizaya (2017), afirma que *C. incommoda* tiene un porcentaje de supervivencia mayor a 20,22°C, y una sobrevivencia optima de 98 % para el estado de huevo, 97 % en fase larval, 75 % estado de pupa y 20 % en fase de adulto donde presento mayor porcentaje de mortalidad, comparando los resultados establecidos del presente trabajo, demuestra que a las mismas temperaturas existe similitudes en supervivencia a pesar que el autor utilizó diferente alimentación.

4.2. Temperatura base (umbral mínimo de temperatura) y constante térmica de desarrollo (grados días) necesarios para el desarrollo de *Helicoverpa quinoa*

Los valores obtenidos para la temperatura base o umbral mínimo de desarrollo y constante térmica para los estados de huevo, larva y pupa de *H. quinoa* se estimaron los resultados mediante la regresión lineal simple (Cuadro 17).

La temperatura base o umbral mínimo de temperatura (T_b) para el estado de larva fue de 9,2°C que da referencia a la más baja temperatura, mientras que en el estado de huevo se obtuvo una temperatura base de 10,4°C, del mismo modo tenemos un registro de regresión lineal de la temperatura base de 14,2°C para el estado de pupa que fue la más alta. La constante térmica de desarrollo del estado de huevo fue el valor más bajo de 60,2°D, en cambio para los estados de pupa con 204,1°D y larva con 419,2°D, fueron largos. Según el Cuadro 17, la temperatura base promedio para *H. quinoa* es de 11,3°C.

Cuadro 17. Temperatura base y constante térmica para *H. quinoa* calculadas por regresión lineal simple

ESTADO	T_b (°C)	k (°D)	Ecuación lineal	R^2	Pr
Huevo	10,4	60,2	$y=0,0166x - 0,1727$	0,97	0,0023
Larva	9,2	419,2	$y=0,0021x - 0,0194$	0,98	0,0012
Pupa	14,2	204,1	$y=0,0049x - 0,0698$	0,83	0,0305
Promedio/Total	11,3	740,5			

El coeficiente de regresión (R^2) fue próximo a uno, donde (R^2) para el estado de pupa fue de 0,83 y 0,97 en el estado de huevo, a si también 0,98 para el estado de larva lo que indica que la temperatura influye en la tasa de desarrollo de los estados y estadios de *H. quinoa*.

Urra y Apablaza (2005), reportaron una temperatura base de *C. decolora* de huevo a adulto a 11,4°C, lo cual observan que la fase de huevo tiene la temperatura base más baja de 9,9°C, siguiendo por la pupa con 11,4°C y larva con 11,7°C, comparando con los resultados del presente trabajo se presentó una diferencia de 0,5°C para la fase de huevo, 2,8°C que fue mayor para pupa y 2,5°C para larva que fue menor a la del autor, esta diferencia se debe a que ambos insectos son diferentes especies, Campbell *et al.*, (1974), afirma que la temperatura base puede ser diferente para cada especie y lugar donde este la plaga.

Por otra parte, Flores (2023), determinó la temperatura base de *E. melanocampta* 9,2°C en estado de huevo muy superior al valor encontrado en el estudio, 9,3°C para larva muy cercano a la cifra encontrada y 9,9°C estado de pupa lo cual difiere un dígito mayor a los resultados encontrados, la variación puede tener diferentes factores lo más esencial sería que es una diferente especie. Respecto a la constante térmica de desarrollo para *H. quinoa* el comportamiento fue mayor a los reportes de *E. melanocampta*, con 68.5, 212.8 y 108.7°D para huevo, larva y pupa lo cual suma 390°D.

Por lo cual Urra y Apablaza (2005), estudiado a *C. decolora* encontraron un valor 46,3 °D para el estado de huevo, 208,3 °D para larva, 217,4 °D para el estado de pupa, el valor obtenido en el presente estudio es casi el doble a los datos reportados por los autores esta diferencia podría ocasionarse por factores de alimentación y fueron evaluadas en distintas ocasiones.

4.3. Fecundidad, fertilidad y curva de oviposición de adultos hembra de *Helicoverpa quinoa* a cinco condiciones de temperatura

En la Figura 7, muestra los valores promedios de postura (huevo) y eclosión de larvas provenientes del adulto hembra de *H. quinoa* en cuatro condiciones de temperatura, el valor más alto en posturas y eclosión se registró en el ambiente 24,7°C obteniendo 2400 huevos de los cuales eclosionaron 2152 larvas del mismo modo encontramos una disminución más baja de 1577 huevos con 1291 larvas eclosionadas en el ambiente 29,9°C y los demás ambientes son valores intermedios, en el ambiente 24,7°C se registró un amplia cantidad de fecundidad y fertilidad.

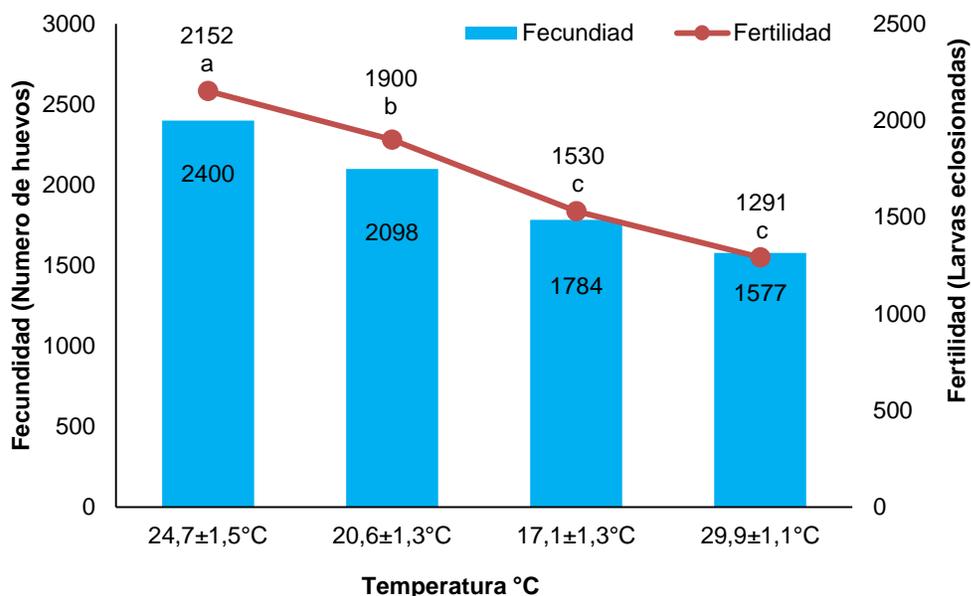


Figura 7. Efecto de la temperatura en la fecundidad y fertilidad *H. quinoa*

Ortiz (2023), registró una mayor fecundidad y fertilidad de *H. quinoa* con la dieta artificial a base de frijol y germen de trigo a $21\pm 3^{\circ}\text{C}$, en cambio en la presente investigación se pudo obtener una mayor fecundidad y fertilidad en la temperatura $24,7^{\circ}\text{C}$ con 2400 huevos y una eclosión de 2152 larvas neonatas, esta variación podría deberse a la mayor temperatura empleada en el presente estudio.

4.3.1. Curva de fecundidad de adultas hembras *Helicoverpa quinoa*

En la Figura 8, el periodo de oviposición comenzó dos días después de la emergencia de los adultos hembra, el promedio de la oviposición inicial empezó en el tercer y cuarto día con 28 huevos ambiente $29,9^{\circ}\text{C}$, 33 huevos ambiente $20,6^{\circ}\text{C}$, 36 huevos ambiente $17,1^{\circ}\text{C}$ y 81 huevos ambiente $24,7^{\circ}\text{C}$, llegando a colocar el promedio más alto en el octavo día de postura con un total de 365.5 huevos en la temperatura $24,7^{\circ}\text{C}$, en la temperatura de $20,6^{\circ}\text{C}$ el promedio más alto de postura fue en el séptimo día con 352 huevos en promedio, los demás ambientes es inferior a 339 huevos, lo cual indica que el promedio de fecundidad del ambiente $24,7^{\circ}\text{C}$ se destacó más, en cambio del ambiente $10,8^{\circ}\text{C}$ los adultos machos y hembras no coincidieron en la emergencia, en consecuencia, no se registraron posturas.

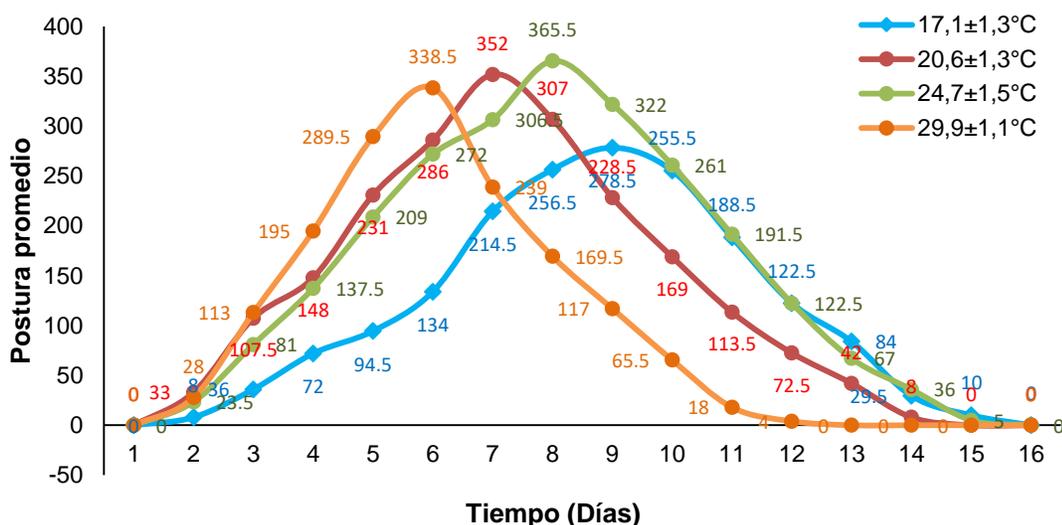


Figura 8. Efecto de la temperatura en la fecundidad de *H. quinoa*

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para la fecundidad de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cuatro niveles de temperatura.

Cuadro 18. Análisis de varianza de la fecundidad de *H. quinoa*

FV	GL	CM			
		Fecundidad	p	Fertilidad	p
Tratamiento	3	260145,83	<,0001**	292764,33	<,0001**
Error	3	8628,00		8545,50	
R ²		0,97		0,96	
CV (%)		4,73		5,38	

**=Altamente significativo

CV=Coeficiente de variación

El coeficiente de variación de 4,73 %, nos señala que el modelo lineal aditivo utilizado muestra un valor confiable, estando dentro del margen de aceptación.

Gómez (2021), reporta que tuvo una fecundidad alta en los primeros días de la semana de oviposición *H. quinoa* obteniendo 294 huevos en el tercer día y 303 huevos que fue el pico más alto en el cuarto día, en cambio en la presente investigación se pudo obtener una mayor fecundidad a misma temperatura de 20,6°C donde el pico más alto se registró en el

séptimo día, esta variación podría deberse a la alimentación que fue distinta y el manejo del insecto de *H. quinoa*.

En la investigación realizada por Ortiz (2023), indica que tuvo una fecundidad óptima de 245 huevos en el séptimo día, lo cual el presente trabajo se encontró una fecundidad superior en el ambiente 24,7°C, esta diferencia debió ocurrir al efecto de la proporción de parejas ya que se pusieron tres parejas por jaula.

4.3.2. Curva de fertilidad de adultos hembras *Helicoverpa quinoa*

En la Figura 9, se observa la diferencia de larvas neonatas eclosionadas, en la temperatura 24,7°C llegaron a eclosionar una mayoría teniendo un promedio de 353,5 larvas neonatas que eclosionaron en el octavo día, por lo cual en el ambiente 20,6°C tuvo un valor alto de 337.5 larvas eclosionados en el séptimo día, en comparación del ambiente 29,9°C genero una menor cantidad de eclosionados en el sexto día con 328,5 larvas y en el ambiente 17,7°C se encontró una cantidad mínima de 265 larvas eclosionadas en el noveno día. En cambio, del ambiente 10,8°C los adultos machos y hembras no coincidieron en la emergencia, en consecuencia, no se registraron posturas y por ende no hubo la fertilidad.

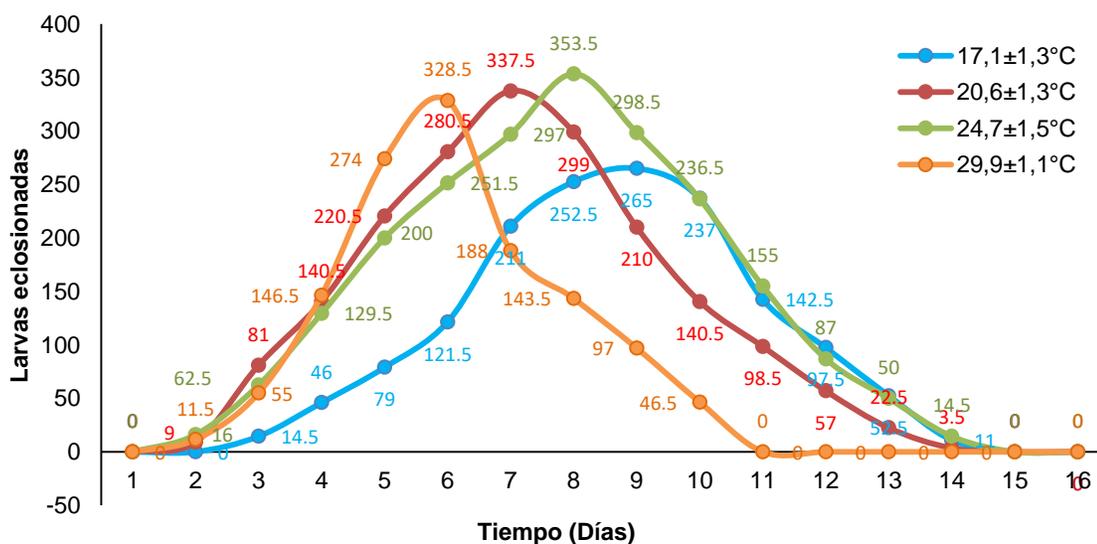


Figura 9. Efecto de la temperatura en la fertilidad de *H. quinoa*

El análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia para la fertilidad de *H. quinoa* afirma que existen diferencias altamente significativas ($Pr < 0,01$) para los cuatro niveles de temperatura.

Cuadro 19. Análisis de varianza de la fertilidad de *H. quinoa*

FV	GL	CM			
		Fecundidad	<i>p</i>	Fertilidad	<i>p</i>
Tratamiento	3	260145,83	<,0001	292764,33	<,0001**
Error	3	8628,00		8545,50	
R ²		0,97		0,96	
CV (%)		4,73		5,38	

**=Altamente significativo
CV=Coeficiente de variación

El coeficiente de variación nos un valor de 5,38 %, el cual nos señala que el modelo lineal aditivo utilizado muestra un valor confiable, estando dentro del margen de aceptación.

Ortiz (2023), reporta 211 larvas eclosionadas de *H. quinoa* en promedio con una temperatura de 21±3°C empleando dieta artificial a base de frijol y germen de trigo, comparando con los resultados de la presente investigación se observa que hay una diferencia significativa obteniendo 337,5 larvas eclosionadas con una mayor fertilidad en promedio a 20,6°C lo que da a conocer que hay un efecto adverso sobre la capacidad reproductiva.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- La temperatura es un factor que influye directamente en el desarrollo del ciclo biológico de *H. quinoa* registrando $461 \pm 13,5$ días en promedio para $10,8^{\circ}\text{C}$, el cual disminuye a $43,2 \pm 4,1$ días a $29,9 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, mostrando su disminución conforme va aumentando la temperatura.
- El porcentaje de supervivencia de *H. quinoa* para el estado de huevo, larva, pupa y adulto fueron significativamente diferentes, mostrando un mejor desempeño a $20,6 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, y el menor desempeño a $10,8 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$.
- Se determinó la temperatura base y constante térmica de desarrollo para *H. quinoa* por método de regresión lineal simple obteniendo un promedio de $11,3^{\circ}\text{C}$ y $740,5^{\circ}\text{D}$ respectivamente, los cuales constituyen la primera contribución en esta temática sobre la plaga.
- La fecundidad y fertilidad de *H. quinoa* se expresó de mejor forma a $24,7 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$, registrando los valores más altos en comparación a las otras temperaturas evaluadas.
- La información generada en la presente investigación junto con el empleo de otras alternativas de manejo de insectos plaga (Ej. trampas con feromonas), permitirá predecir la presencia de huevos, larvas o adultos de *H. quinoa*, y así fortalecer las actuales estrategias de manejo que tienen los agricultores productores de quinua.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Realizar investigaciones similares en otras especies lepidópteras, para plagas de la quinua, tomando en cuenta evaluar los estadios larvales y el estado de prepupa.
- Para obtener datos puntuales del umbral mínimo de desarrollo y constante térmica o acumulación de grados días de *H. quinoa* u otra especie plaga de la quinua el seguimiento debe ser constante en el estado larval del insecto.
- Hacer una validación en campo del comportamiento biológico de *H. quinoa*, a partir de datos obtenidos en la presente investigación, para construir modelos del ciclo de vida de *H. quinoa* “Rafaelito” de la quinua y realizar simulaciones de los parámetros poblacionales en regiones de incidencia a cualquier temperatura.
- Cuando realicen una investigación de cría de insectos en laboratorio, deben tener en cuenta que la desinfección de ambientes y materiales son muy esenciales ya que los individuos a investigar (insectos) podrían ser susceptibles a enfermarse por entomopatógenos, aspectos que podrían perjudicar la investigación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ari, R. 2016. Cria de polilla de la quinua (*Eurysacca spp.*) bajo condiciones controladas Khipakhipani en Viacha, La Paz. Tesis Lic. Agr. UPEA. 78 p
- Bravo R. 2004. Entomología conociendo a los insectos. 1ra. Ed. Indecopi C. Puno - Perú. pp. 75-81.
- Barrientos Z, R; Apablaza H, J; Norero S, A; Estay P, P. 1998. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *tuta absoluta* (lepidóptera: gelechiidae). Ciencia e Investigación Agraria 25(3):133-137.
- Callizaya, F. 2017. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidóptera: Noctuidae), plaga del cultivo de la quinua, en condiciones controladas. Tesis Lic. Agr. UPEA. 77 p.
- Campbell A, Frazer B, Gilbert N, 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. J Appl Ecol 431-438 p.
- Cohen, A. 2018. Ecology of insect Rearing Systems: A Mini-Review of insect Rearing Papers from. Department of Entomology and Plant Pathology, North Carolina State University Raleigh. 115 p.
- Choquehuanca, M. 2011. Ciclo biológico de *Copitarsia incommoda* Walker plaga del cultivo de la quinua en condiciones de laboratorio. Tesis Ing. Agr. UMSA, Facultad de agronomía. La Paz, Bolivia. 44p.
- Cruces, L.; Peña, E.; Clerecq, P. 2024. Advances in the Integrated Pest Management of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A Global Perspective. Department of Entomology, Faculty of Agronomy, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima 12-056, Peru. 15 p.
- Ek del, V. y Sáenz, R. 2017. Insectos Descortezadores (Coleóptera: Curculionidae) y Cambio Climático: Problemática Actual y Perspectivas en los Bosques Templados. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. 60 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura CH). 2016. Quinoa manejo integrado de plagas. p. 198.
- Flores, J. 2023. Efecto de la Temperatura en la Biología y Comportamiento de *Eurysacca melanocampta* Meyrick (Lepidóptera: Gelechiidae) plaga del cultivo de la quinoa en condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. UPEA. 103 p.
- Gandarillas, A.; Saravia, R.; Plata, G.; Quispe, R.; Ortiz-Romero, R. 2015. Principle Quinoa Pest and Diseases. State of the art report on quinoa: 192p.
- Gómez, L., y Aguilar, E. 2016. Guía de cultivo de la quinoa. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 126 p.
- Gomez, M. 2021. Evaluación del ciclo Biológico de *Helicoverpa quinoa*, *Helicoverpa titicacae*, *Copitarsia incommoda* y *Agrotis sp.*, plagas de la quinoa, en ambiente controlado. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. UPEA. 70 p.
- Guzmán, D.; Rodríguez, J.; Sandra, J.; Valencia, C. 2014. Identificación de caracteres diagnósticos del ciclo de vida de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidóptera: Noctuidae). CIAT.
- Hernández, VV; Guerrero, RE. 1989. Determinación de la temperatura umbral y constante térmica de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* Zeller. Ciencia e Investigación Agraria 5:162-166.
- Huaman, V. 2023. Biología e Identificación de la "Polilla de Tuna", Bajo Condiciones de Laboratorio. Tesis Facultad de Agronomía Arequipa, Perú. 77 p.
- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile). 2009. Uso de grados días, eficaz herramienta en prevención de plagas. Ed. P Estay. p 14-17.
- IPCC. 2001. Intergovernment Panel on Climate Change. Climate change 2001: Impacts adaptation and vulnerability. Summary for policymaker. Cambridge University Press. [https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=RT7IQ24quc4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=ipcc+\(2001\)+climate+change+2001+impacts+adaptation+and+vulnerability+s](https://books.google.com.bo/books?hl=es&lr=&id=RT7IQ24quc4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=ipcc+(2001)+climate+change+2001+impacts+adaptation+and+vulnerability+s)

[ummary+for+policymakers+wmo&ots=otZ7WociO2&sig=wHH15foCUHsNTdSt2x9Utp1vX5k#v=onepage&q&f=false](#)

- Kiritani, K. (2006). Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Population Ecology* 48: 5-12.
- Marco, V. 2001. Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al manejo Integrado de Plagas mediante el método de grados-día. *Entomología Aplicada* 28: 147-150.
- Mejía, M. 2012. Tesis Lic. En Biología. Desarrollo de metodologías de cría para *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa gelatopoeon* plagas de cultivos andinos. UMSS. 71 p.
- Minkenbergh, O.; Helderman, C. 1990. Effect of temperature on the life history of *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromizidae) on tomato. *Journal of Economic Entomology* 83: 117-125.
- Murúa, G.; Virla, E.; Defagó, V. 2003. Evaluación de cuatro dietas artificiales para la cría de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. *Bol. San. Veg. Plagas*, 29:43-51p.
- Navarro, P. 2018. Principales Plagas Observadas en Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, MINISTERIO DE AGRICULTURA, TEMUCO – CHILE. 101 p. 2.
- Navarro, P.; Contreras, G.; Aguilar, S. 2020. INSECTOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE QUINOA, capítulo 7. Instituto de Investigación Agropecuaria. 110 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. 1a. Ed. La Paz, Bolivia. 188 p. 32.
- Ortiz, B. 2023. Evaluación de tres dietas artificiales para la cría masiva de *Helicoverpa quinoa* (Lepidóptera: Noctuidae), plaga del cultivo de la quínoa, bajo condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. UPEA. 65 p.
- PROINPA, 2004. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Anual 2003-2004. Rubro Granos Alto andinos. Cochabamba, Bolivia, 137p.

- PROINPA. 2008. Informe Proyecto “Herramientas Para el Desarrollo del Manejo Integrado de Plagas en la Producción de Quinoa Orgánica”. Período nov. 2007-jun. 2008. Fundación AUTAPO, La Paz, Bolivia. 53 p.
- PROINPA. 2014. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Anual 2013-2014 del Proyecto “Desarrollo y validación participativa de las innovaciones tecnológicas que mejoren las estrategias para el manejo del sistema centrado en Quinoa en el Altiplano Boliviano”. Fundación McKnight. La Paz, Bolivia, 159 p.
- PROINPA, 2010. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, Informe Anual 2001-2010 del Proyecto “Desarrollo y validación participativa de las innovaciones tecnológicas que mejoren las estrategias para el manejo del sistema centrado en Quinoa en el Altiplano Boliviano”. Fundación McKnight. La Paz, Bolivia, 138 p.
- Portilla, M., Streett, D. 2006. Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial cenibroca modificada. Laboratorio Nacional de Control Biológico, USDA-ARS de los Estados Unidos. 38 pp. 50 p.
- Quispe, R.; Yujra, J.; Callizaya, F. y Rebaudo, F. 2021. The Effect of Diet Interacting With Temperature on the Development Rate of a Noctuidae Quinoa Pest Environmental Entomology. DOI: 10.1093/ee/nvab014.
- Ticona, V.; Rebaudo, F., Quispe, R. y Murgia, M. 2024. Identificación y distribución geográfica del complejo noctuideo (Lepidóptero: Noctuidae) plaga del cultivo de la quinoa en el Altiplano Norte y Centro de Bolivia. Selva Andina Reserch Society. Vol 15 (2).
- Rebaudo, F; Struelens, Q; Callizaya Condori, F; Quispe, R. 2017. Relationship between temperature and development rate of *Copitarsia incommoda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Bolivian Andes. Appl. Entomol. Zool. Nakazato, Tokio, Japan.
- Rincón, D., López, A. 2004. Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolný) (Lepidoptera: Gelechiidae). Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Cundinamarca, Colombia. pp. 41 – 42.

- Santivañez, 2016. Guía de Cultivo de la Quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú. 117p.
- Saravia, R.; Crespo, L.; Quispe, R.; Villca, M. 2014. Síntesis y desarrollo de feromonas sexuales para dos noctuidos, plaga clave del cultivo de la quinua. Fundación PROINPA. pp. 62-67.
- Saravia, R. y Quispe R. 2005. Módulo 2 “Manejo agronómico de la quinua orgánica”. Fascículo 4. Manejo Integrado de Plagas insectiles del cultivo de la quinua. PROINPA y AUTAPO. La Paz-Bolivia.
- Szwac, D. 2014. *Helicoverpa armígera*, una plaga que amenaza nuestros cultivos agrícolas. Una nueva especie preocupa a instituciones, investigadores, empresas y productores. INTA. 25p.
- Urra, F., y Apablaza, J. 2005. Temperatura Base y Constante Térmica de Desarrollo de *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) Ciencia e Investigación Agraria 32(1): 19 -26 p.
- UCIPM. University of California, Agriculture and Natural Resources 2003. Models: About phenologyMOdels. (En línea). Disponible en: <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddphenoloy.html>.
- Vera, V., y Jarandilla, C. 2009. Estudio de plagas emergentes por el cambio climático en los cultivos de papa y quinua (conocimiento local). Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research Support (SANREM CRSP). 44 p.
- Vélez, R. 1997. Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Medellín: Universidad de Antioquia. 482 p.
- Zalom, F., Wilson, T. 1982. Degree days in relation to an integrated pest management program. Division of Agricultural Sciences, University of California, Davis, CA, USA. 2 pp.

Zurita, A., y Quiroz, C. 2019. Plagas y enfermedades en el cultivo de la quinoa. Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA) MINISTERIO DE AGRICULTURA. 103 p.

Wagner, TL; Wu, H; Sharpe, P. J. H., Schoolfield, R. M. y Coulson, R. N. 1984. Modeling insect development rates: a literatura review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 77: 208-225.

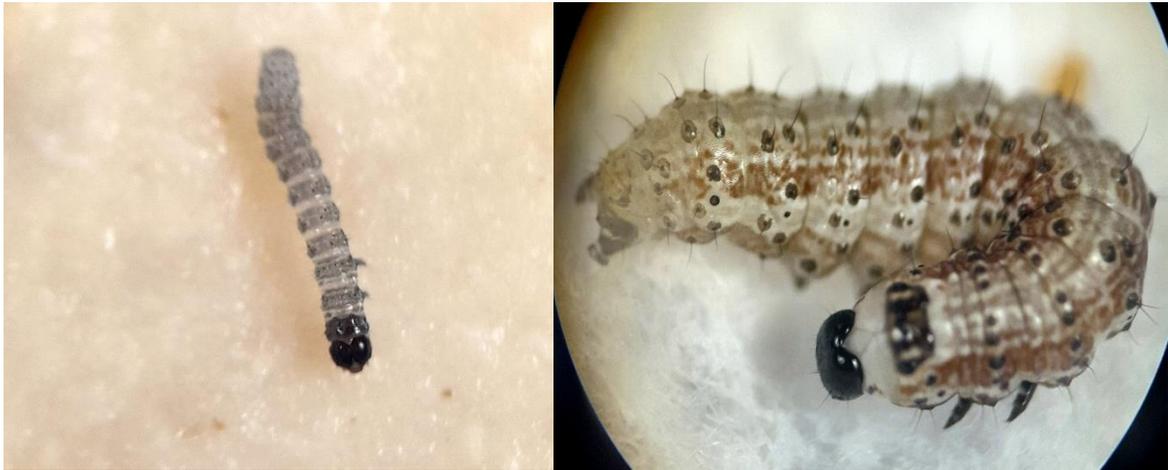
Wilson, L., and W. Barnett. 1983. Degree-days: an aid in crop and pest management. *California Agriculture* 37: 4-7.

8. ANEXOS

Anexo 1. Ambiente cría y calefón para regular la temperatura requerida, vaporizador



Anexo 2. Estado larval de *H. quinoa* y dieta artificial a base de frijol y germen de trigo



Anexo 3. Colecta de capsula cefálica de cada tratamiento (temperatura) *H. quinoa*





Anexo 4. Estado de pre pupa *H. quinoa*



Anexo 5. Estado de pupa *H. quinoa*



Anexo 6. Pesaje y sexado de pupa *H. quinoa*

♂

♀

Anexo 7. Manejo y alimentación de adultos emergidos y puesto en jaulas de oviposición



Miel de abeja al 10%

Anexo 8. Sexaje de *H. quinoa* de estado adulto

♂ Una espina

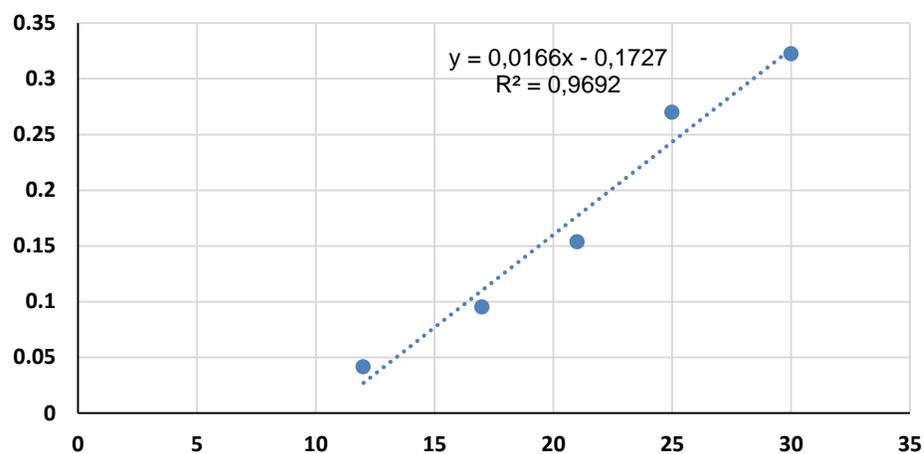
♀ Dos o más espinas

Anexo 9. Muerte de larvas, pupas y adultos de *H. quinoa*

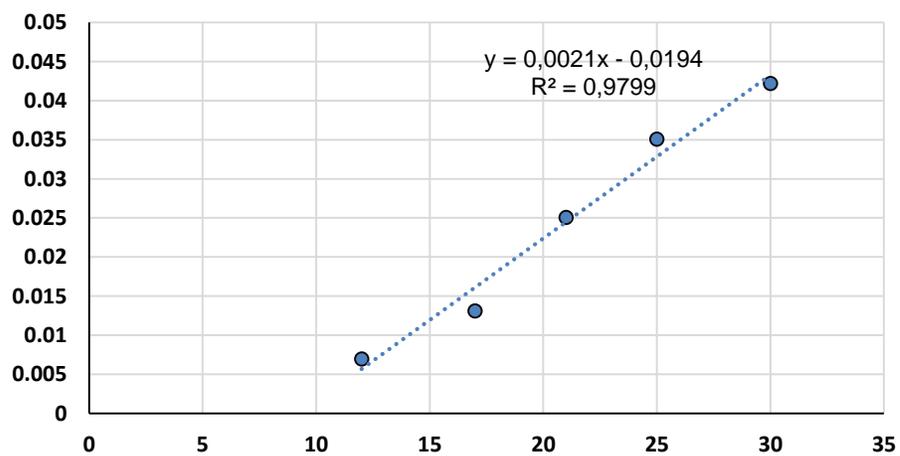
Anexo 10. Regresión lineal simple

ESTADOS	T1 - 10,8°C	T2 - 17,1°C	T3 - 20,6°C	T4 - 24,7°C	T5 - 29,9°C
HUEVO	24,0	10,5	6,5	3,7	3,1
LARVA	144,2	76,4	39,9	28,5	23,7
PUPA	281,1	161,9	44,1	26,7	10,5

HUEVO



LARVA



PUPA

