

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA**



**“LA TEMPERATURA SOBRE LA BIOLOGIA DE *Encarsia tabacivora*  
Viggiani (HYM.: APHELINIDAE) PARASITOIDE DE *Bemisia tabaci*  
(Gennadius) (HEM. ALEYRODIDAE)”**

**Presentado por:**

**LUZ MARIA SUPANTA HUARCAYA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**LIMA – PERU**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA**

**“LA TEMPERATURA SOBRE LA BIOLOGIA DE *Encarsia  
tabacivora* Viggiani (HYM.: APHELINIDAE) PARASITOIDE DE  
*Bemisia tabaci* (Gennadius) (HEM. ALEYRODIDAE)”**

**Tesis para optar el título de  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por:  
LUZ MARIA SUPANTA HUARCAYA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

.....  
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto  
**Presidente**

.....  
Dr. Alexander Rodríguez Berrio  
**Asesor**

.....  
Dr. Agustín Martos Tupes  
**Miembro**

.....  
Biol. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián  
**Miembro**

**Dedicado Dios por el Don de la vida, además de su infinita bondad y amor. Por permitirme cumplir el objetivo de titularme y seguir dándome salud para cumplir mis siguientes objetivos de vida.**

**Dedicado a mis padres: Mamerto Supanta y Sixta Huarcaya, a quienes le debo la vida. Por su apoyo incondicional y ser mi motivo principal para seguir adelante.**

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de la Papa (CIP): Al Dr. Jürgen Kroschel por darme la oportunidad de realizar la tesis en esta prestigiosa institución.

A la bióloga Mg. Sc. Heidy Gamarra Yáñez, asesora de la tesis en el CIP, por su confianza y creer siempre en mí durante la ejecución de este trabajo, por su tiempo, paciencia y buen humor durante el proceso de revisión de la redacción, por su gran apoyo incondicional, gracias por su amistad y por sus consejos, muchas gracias.

Al Dr. Alexander Rodríguez Berrio, profesor principal del departamento de Entomología, por su haber aceptado patrocinarme en la realización de esta tesis, por sus enseñanzas, su tiempo, paciencia y muchas veces palabras de motivación.

Un agradecimiento especial a mi amigo y compañero incondicional, Luis Goicochea Ortiz, por estar siempre ahí para apoyarnos mutuamente durante la realización de nuestras tesis, por las innumerables palabras de aliento, por los buenos momentos de risas y alegrías, por estar siempre allí.

Ing. Pablo Carhuapoma, por la ayuda en procesamiento y análisis del *software* Insect Life Cycle Modeling (*ILCYM*) y su amistad.

Al Sr. Armando Canales del Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA y al Ing. Jorge Bustamante por las asesorías y facilidades de colecta en campos en Cañete.

A todos los amigos y compañeros de trabajo del CIP: Nina Casana, Carla Garay, Jorge Peralta, Jorge Chávez, Erika Figueroa, Lucía Huánuco, Angie Burgos, Waldo Dávila, Octavio Zegarra, Verónica Cañedo, Marisa Lozano, Carlos Mendoza, Jesús Gonzales, Marcelo Trebejo, Hugo Espinoza, Sonia Santibáñez, Joao De Souza, Marcos Gálvez, Betty Flores, Ana Pérez, por su apoyo y los momentos compartidos.

## INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 ASPECTOS GENERALES DEL PARASITOIDE <i>Encarsia tabacivora</i> .....	3
2.1.1 DISTRIBUCIÓN .....	3
2.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	5
2.1.3 SINONIMIAS .....	5
2.1.4 HOSPEDEROS.....	6
2.1.5 CICLO BIOLOGICO .....	6
2.1.6 IMPORTANCIA DE APHELINIDAE COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS .....	9
2.1.7 RELACIÓN HOSPEDERO - PARASITOIDE .....	11
2.2 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN INSECTOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS .....	11
2.3 TABLAS DE VIDA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO FENOLÓGICO EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA .....	15
2.4 ASPECTOS GENERALES DE LA MOSCA BLANCA <i>Bemisia tabaci</i> .....	16
2.4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN .....	16
2.4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	17
2.4.3 BIOTIPOS DE LA MOSCA BLANCA <i>B. tabaci</i> .....	18
2.4.4 IMPORTANCIA.....	19
III. MATERIALES Y METODOS .....	21
3.1 LUGAR.....	21
3.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE.....	21
3.3 MATERIALES .....	21
3.3.1 MATERIAL BIOLÓGICO .....	21

3.3.2	MATERIAL DE VIDRIO .....	21
3.3.3	MATERIAL DE PLÁSTICO .....	22
3.3.4	MATERIAL DE MADERA .....	22
3.3.5	MATERIAL PARA ELABORACIÓN DE MICROPREPARADOS .....	22
3.3.6	EQUIPOS.....	22
3.3.7	OTROS .....	22
3.4	METODOLOGÍA.....	23
3.4.1	CRianza MASAL DEL HOSPEDERO <i>B. tabaci</i> BIOTIPO B .....	23
3.4.2	ESTABLECIMIENTO DE LA CRianza DEL PARASITOIDE <i>E. tabacivora</i> .....	25
3.4.3	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS ESTADOS INMADUROS DE <i>E. tabacivora</i> .....	29
3.4.4	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LAS TABLAS DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	30
3.4.4.1	Período huevo - larval, tiempo y tasa de desarrollo, y establecimiento de modelos.....	33
3.4.4.2	Período pupal, tiempo y tasa de desarrollo y establecimiento de modelos	33
3.4.4.3	Mortalidad de los estados inmaduros y establecimiento de los modelos para esta variable .....	34
3.4.4.4	Período de longevidad de los adultos y establecimiento de un modelo para el tiempo y tasa de senescencia.....	34
3.4.4.5	Capacidad de reproducción y establecimiento de un modelo para la frecuencia de oviposición .....	34
3.4.5	OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS	35
3.4.6	ANÁLISIS DE DATOS PARA EL MODELO FENOLÓGICO .....	35

3.4.7	PARÁMETROS DE LA TABLA DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	36
3.4.8	VALIDACION DEL MODELO FENOLOGICO DE <i>E. tabacivora</i> .....	38
3.4.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA TABLA DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	38
IV.	RESULTADOS .....	39
4.1	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS ESTADOS INMADUROS DE <i>Encarsia tabacivora</i> .....	39
4.1.1	Huevo.....	39
4.1.2	Larva .....	41
4.1.3	Pupa .....	48
4.2	EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN LA BIOLOGIA DE <i>E. tabacivora</i> .....	53
4.2.1	DESARROLLO HUEVO-LARVAL Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS .....	53
4.2.1.1	Período de desarrollo de huevo-larva .....	53
4.2.1.2	Modelos para el tiempo y tasa de desarrollo .....	55
4.2.2	DESARROLLO DE PUPAS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS PARA EL TIEMPO Y TASA DE DESARROLLO.....	58
4.2.2.1	Período de desarrollo de pupal .....	58
4.2.2.2	Modelos para el tiempo y tasa de desarrollo pupal .....	59
4.2.3	MORTALIDAD DE ESTADOS INMADUROS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS.....	62
4.2.3.1	Modelos para la mortalidad .....	62
4.2.4	LONGEVIDAD DE ADULTOS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS PARA EL TIEMPO Y TASA DE SENESCENCIA .....	64
4.2.4.1	Longevidad de hembras.....	64
4.2.4.2	Establecimiento de modelos de tiempo y tasa de senescencia .....	66

4.2.5	CAPACIDAD DE REPRODUCCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO PARA LA FRECUENCIA DE OVIPOSICIÓN .....	68
4.2.5.1	Capacidad de reproducción (fecundidad) .....	68
4.2.5.2	Periodo de pre-oviposición, oviposición y post-oviposición .....	72
4.2.5.3	Establecimiento de modelos .....	73
4.2.6	EFEECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CICLO DE DESARROLLO Y EL CICLO DE VIDA COMPLETO.....	74
4.2.6.1	Ciclo de desarrollo.....	74
4.2.6.2	Ciclo de vida completo .....	76
4.2.7	OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ADULTOS .....	79
4.2.7.1	Emergencia de adultos.....	79
4.2.7.2	Movilidad y capacidad de vuelo.....	80
4.2.7.3	Comportamiento de oviposición, limpieza y alimentación .....	80
4.2.7.4	Partenogénesis .....	82
4.3	PARAMETROS DE TABLA DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	82
4.3.1	DESARROLLO DEL MODELO FENOLOGICO.....	82
4.3.1.1	Tasa de crecimiento reproductivo (GRR).....	82
4.3.1.2	Tasa de reproducción neta (Ro).....	83
4.3.1.3	Tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ) .....	83
4.3.1.4	Tasa de crecimiento finita ( $\lambda$ ).....	83
4.3.1.5	Tiempo de generación (T o GL).....	83
4.3.1.6	Tiempo doble ( $D_t$ ).....	84



4.3.2	PARÁMETROS PARA UN CONJUNTO DE TEMPERATURAS FLUCTUANTES .....	86
V.	DISCUSIONES .....	89
5.1	CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLOGIA DE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE <i>Encarsia tabacivora</i> .....	89
5.2	TABLA DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	92
5.2.1	TEMPERATURA Y SU INFLUENCIA EN EL TIEMPO Y TASA DE DESARROLLO DE LOS ESTADOS INMADUROS .....	92
5.2.2	LA TEMPERATURA Y LA MORTALIDAD DE ESTADOS INMADUROS .....	93
5.2.3	LONGEVIDAD Y SENESCENCIA DE LOS ADULTOS HEMBRAS .	93
5.2.4	TEMPERATURA Y LA CAPACIDAD DE REPRODUCCIÓN .....	94
5.2.5	ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA VS EL CICLO DE VIDA Y LA SUPERVIVENCIA POBLACIONAL .....	95
5.2.6	OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE ADULTOS .....	96
5.3	PARÁMETROS DE LA TABLA DE VIDA DE <i>E. tabacivora</i> .....	98
5.3.1	PARÁMETROS DE TABLA DE VIDA PARA LAS TEMPERATURAS CONSTANTES .....	98
5.3.2	PARÁMETROS LA TABLA DE VIDA PARA LAS TEMPERATURAS FLUCTUANTES .....	101
VI.	CONCLUSIONES .....	103
VII.	RECOMENDACIONES.....	104
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
IX.	ANEXOS .....	113

## INDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1: Características que distingue a <i>E. tabacivora</i> de <i>E. pergandiella</i> , descritos por Myartseva & Evans.....	5
Tabla 2: Parámetros biológicos y poblacionales del género <i>Encarsia</i> , registrados por otros autores bajo condiciones de laboratorio.....	13
Tabla 3: Parámetros biológicos y poblacionales de otros controladores de <i>B. tabaci</i> , registrados por otros autores bajo condiciones en laboratorio.....	14
Tabla 4: Lugares de colecta de pupas de mosca blanca parasitadas. ....	25
Tabla 5: Promedio de mediciones del largo y ancho del cuerpo de los estados inmaduros, del ancho de cabeza y largo de la cola de LI de <i>E. tabacivora</i> a 20°C y 70% HR. ....	52
Tabla 6: Tiempo de desarrollo conjunto de los estados huevo y larva de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes. ....	54
Tabla 7: Tiempo de desarrollo observado y esperado conjunto de los estados huevo-larva de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes.....	55
Tabla 8: Duración promedio (días) del período pupal de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes. ....	58
Tabla 9: Tiempo de desarrollo observado y esperado del estado pupa de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes. ....	60
Tabla 10: Mortalidad (%) de los estados inmaduros de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a temperaturas constantes.....	62
Tabla 11: Longevidad promedio de adultos hembras de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes.....	65

Tabla 12:	Longevidad (días) observado y esperado de adultos hembras de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes. ....	66
Tabla 13:	Fecundidad promedio total y oviposición promedio diaria <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B.....	69
Tabla 14:	Etapas del periodo de oviposición de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes. ....	72
Tabla 15:	Duración del ciclo de desarrollo (H-A) de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes. ....	75
Tabla 16:	Duración del ciclo de vida completo de <i>E. tabacivora</i> parasitando <i>B. tabaci</i> biotipo B a diferentes temperaturas constantes. ....	76
Tabla 17:	Parámetros de tabla de vida de <i>E. tabacivora</i> , obtenidos mediante la simulación determinística del modelo fenológico para cinco temperaturas constantes. ....	84
Tabla 18:	Parámetros obtenidos de la tabla de vida de <i>E. tabacivora</i> para las temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en La Molina, Lima – Perú. ....	87
Tabla 19:	Tiempo de desarrollo, mortalidad e indicador de ajuste de <i>E. tabacivora</i> para las temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en La Molina, Lima – Perú. ....	87
Tabla 20:	Promedio de mediciones del largo y ancho del cuerpo de los estados inmaduros, y largo de la cola de LI <i>Encarsia bimaculata</i> y <i>Encarsia transvena</i> bajo condiciones de temperatura de 25-30°C y 70-75% HR. ....	91
Tabla 21:	Comparativo de los parámetros de tabla de vida de los controladores biológicos <i>Apanteles subandinus</i> (Hymenoptera: Braconidae), <i>Delphastus quinculus</i> (Coleóptera: Coccinellidae) y <i>Encarsia tabacivora</i> (Hymenoptera: Aphelinidae) evaluados a temperaturas fluctuantes (La Molina, Lima – Perú). ....	102

## INDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1: Distribución geográfica mundial de <i>Encarsia tabacivora</i> . .....	4
Figura 2: Metodología de la crianza masal de <i>B. tabaci</i> biotipo B.....	24
Figura 3: Metodología de la colecta en campo y tamizado de morfotipos de <i>Encarsia sp.</i> .....	28
Figura 4: Envase de polipropileno de 1 lt adaptado para la crianza de <i>E. tabacivora</i> . .....	29
Figura 5: Envase de polipropileno de 0.5 lt para recuperación de adultos de <i>E. tabacivora</i> . .....	30
Figura 6: Metodología de evaluación de las tablas de vida de <i>E. tabacivora</i> ...	32
Figura 7: Estado huevo de <i>E. tabacivora</i> a diferentes niveles de desarrollo...	40
Figura 8: Observaciones del estado huevo de <i>E. tabacivora</i> . .....	41
Figura 9: Primer estadio larval de <i>E. tabacivora</i> . .....	42
Figura 10: Observaciones del primer estadio larval de <i>E. tabacivora</i> . .....	43
Figura 11: Segundo estadio larval de <i>E. tabacivora</i> . .....	44
Figura 12: Tercer estadio larval de <i>E. tabacivora</i> . .....	46
Figura 13: Larva II y III de <i>E. tabacivora</i> montados en bálsamo de Canadá...	47
Figura 14: Comparativo de forma y tamaño entre los 3 estadios larvales de <i>E. tabacivora</i> . .....	47
Figura 15: Estadío de prepupa de <i>E. tabacivora</i> . .....	48
Figura 16: Vista de la ubicación de la pupa de <i>E. tabacivora</i> a través de la ninfa de la mosca blanca (hospedero). .....	49
Figura 17: Proceso de melanización y esclerotización del estado de pupa de <i>E. tabacivora</i> . .....	50
Figura 18: Vista lateral y dorsal de la pupa de <i>E. tabacivora</i> .....	51
Figura 19: Vista ventral de la pupa hembra de <i>E. tabacivora</i> .....	52
Figura 20: Tiempo de desarrollo de huevo-larva (días) de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes.....	54
Figura 21: Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (%) para los estados de huevo y larva de <i>E. tabacivora</i> según el modelo binomial logit. ....	57

Figura 22:	Tasa de desarrollo (1/días) dependiente de la temperatura de los estados huevo y larva de <i>E. tabacivora</i> según el modelo Tb Model.	57
Figura 23:	Tiempo de desarrollo de pupa (días) de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes.....	59
Figura 24:	Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (%) para el tiempo de desarrollo de la pupa de <i>E. tabacivora</i> según el modelo binomial logit.....	61
Figura 25:	Tasa de desarrollo (1/días) dependiente de la temperatura del estado pupa de <i>E. tabacivora</i> según el modelo Tb Model.....	61
Figura 26:	Mortalidad conjunta de los estados Huevo-Larva de <i>E. tabacivora</i> , según el modelo Wang 1.....	63
Figura 27:	Mortalidad del estado pupa de <i>E. tabacivora</i> según el modelo Wang 1. ....	63
Figura 28:	Mortalidad total de los estados inmaduros de <i>E. tabacivora</i> según el modelo de Wang 1. ....	64
Figura 29:	Longevidad promedio de hembras (días) de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes. ....	65
Figura 30:	Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (longevidad) para hembras de <i>E. tabacivora</i> según el modelo binomial Cloglog.	67
Figura 31:	Tasa de senescencia (1/días) de las hembras de <i>E. tabacivora</i> vs la temperatura según el modelo Exponencial simple.....	67
Figura 32:	Oviposición promedio diario de hembras de <i>E. tabacivora</i> a temperaturas constantes. ....	69
Figura 33:	Curvas de parasitación diaria por hembra de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes. ....	71
Figura 34:	Fecundidad total promedio de <i>E. tabacivora</i> según el modelo Quadratic.....	73
Figura 35:	Frecuencia de oviposición acumulativa (%) de <i>E. tabacivora</i> , según el modelo Gamma.....	74
Figura 36:	Duración del ciclo de desarrollo (días) de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes.....	75
Figura 37:	Duración del ciclo de vida completo (días) de <i>E. tabacivora</i> a diferentes temperaturas constantes.....	76

Figura 38:	Curvas de supervivencia poblacional de <i>E. tabacivora</i> a ocho temperaturas constantes, bajo condiciones de laboratorio.....	78
Figura 39:	Forma de emergencia de adultos de <i>E. tabacivora</i> .....	79
Figura 40:	Adultos de <i>E. tabacivora</i> recién emergidos. ....	80
Figura 41:	Comportamiento de oviposición de <i>E. tabacivora</i> .....	81
Figura 42:	Parámetros de tabla de vida de <i>E. tabacivora</i> a cinco temperaturas constantes, mediante la simulación determinística.....	85
Figura 43:	Temperaturas fluctuantes de la tabla de vida de <i>E. tabacivora</i> , de junio a setiembre del 2011.....	86
Figura 44:	Modelo de validación obtenido de la tabla de vida de <i>E. tabacivora</i> , a temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en el distrito de La Molina, Lima – Perú.....	88
Figura 45:	Tipos de curvas de supervivencia propuesto por Rabinovich (1980) (I-IV) de un individuo poiquiloterma.....	95
Figura 46:	Esquema de los comportamientos de <i>E. lutea</i> parasitando <i>B. tabaci</i> (biotipo B). ....	97

## RESUMEN

*Encarsia tabacivora* Viggiani, 1985 es un parasitoide de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B, reportado en América, Asia, Europa y Oceanía. Para Perú, aún no se cuenta con estudios sobre biología y parámetros poblacionales bajo un rango de temperaturas, por lo que la presente investigación tiene como objetivos determinar algunos aspectos biológicos importantes de *Encarsia tabacivora* y evaluar el efecto de la temperatura sobre su biología y parámetros biológicos. El estudio se realizó bajo condiciones de laboratorio (12L: 12O; 60-70% HR) a ocho temperaturas constantes (10, 12.5, 15, 18, 20, 25, 30 y 35°C) y a temperatura ambiente. Los resultados fueron analizados con el *software* ILCYM; que permitió obtener el modelo fenológico del parasitoide, la simulación de los parámetros poblacionales y la validación del modelo. También se determinó algunos aspectos biológicos de importancia de los estados inmaduros y del comportamiento de adultos. Se observó que *E. tabacivora* presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva (con tres estadios larvales), pupa y adulto y completa su desarrollo dentro del hospedero. El periodo de desarrollo osciló entre 67.6-11.2 días entre 12.5-30°C, con tendencia a decrecer con el incremento de la temperatura. A temperaturas extremas de 10 y 35°C no se presentaron desarrollo completo. La mortalidad de estados inmaduros fue 58, 38, 28, 8, 14 y 28% a 12.5, 15, 18, 20, 25 y 30°C respectivamente. La longevidad entre 15 y 30°C disminuyó con el aumento de la temperatura de 72.4 a 16.3 días. La máxima fecundidad fue 231.3 y 219.3 ninfas parasitadas/hembra a 20 y 25°C respectivamente y la mínima 0.9 ninfas parasitadas/hembra a 30°C. Los parámetros poblacionales indican que la tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ) aumenta al aumentar la temperatura hasta alcanzar un máximo a 25°C ( $r_m=0.176$ ) y disminuye a partir de 30°C ( $r_m=0.055$ ). La tasa finita de crecimiento alcanzó un máximo a 25°C ( $\lambda=1.192$ ) y un mínimo a 15°C ( $\lambda=1.024$ ). Los valores más altos de la tasa bruta de reproducción (GRR) y la tasa neta de reproducción ( $R_o$ ) se encontraron entre 20°C (GRR=110.36,  $R_o=74.25$ ) y 25°C (GRR=107.52,  $R_o=73.85$ ) respectivamente. Se observó el menor tiempo de generación (T) y tiempo de duplicación (DT) a 30°C (19.92 días) y 25°C (3.95 días) respectivamente. La temperatura óptima para el crecimiento de la población osciló entre 20-25°C. Las hembras vírgenes presentaron partenogénesis telitoquia.

**Palabras clave:** *Encarsia tabacivora*, parasitoide, *Bemisia tabaci* biotipo B, mosca blanca, modelo fenológico, parámetros poblacionales.

## ABSTRACT

*Encarsia tabacivora* Viggiani, 1985 is a parasitoid of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B, reported in America, Asia, Europe and Oceania. For Peru, still it does not have studies on the biology and population parameters under a range of temperatures, so that the objectives of this research are: determine some important biological aspects of *Encarsia tabacivora* and evaluate the effect of temperature on the biology and biological parameters. The study was conducted under laboratory conditions (12L: 12D; 60-70% RH) to eight constant temperatures (10, 12.5, 15, 18, 20, 25, 30 and 35°C) and at ambient temperature. The results were analyzed with the software ILCYM; that enabled to obtain the parasitoid phenological model, the simulation of population parameters and model validation. Some important biological aspects of immature and adult behavior were also determined. It was observed that *E. tabacivora* has four stages of development: egg, larva (three larval instars), pupa and adult and complete their development within the host. The development period ranged from 67.6-11.2 days between 12.5-30°C, tending to decrease with increase of temperature. At extreme temperatures of 10 and 35°C did not complete development. Mortality of immature stages was 58, 38, 28, 8, 14 and 28% at 12.5, 15, 18, 20, 25 and 30°C respectively. The longevity of females between 15 and 30°C decreased with increasing temperature of 72.4 to 16.3 days. The maximum fecundity was 231.3 offspring at 20°C and minimum 0.9 offspring to 30°C. Population parameters indicate that the intrinsic rate of natural increase augments with increasing temperature to reach a maximum at 25°C ( $r_m=0.176$ ) which then decreased at 30°C ( $r_m=0.055$ ). The finite rate of increase peaked at 25°C ( $\lambda=1.192$ ) and was smallest at 15°C ( $\lambda=1.024$ ). Highest values for the gross reproduction rate and net reproduction rate were found between 20°C (GRR=110.36, Ro=74.25) and 25°C (GRR=107.52, Ro=73.85), respectively. The shortest mean generation time (T) was observed at 30°C (19.92 days), the shortest population doubling time (DT) at 25°C (3.95 days). The optimum temperature for overall population growth ranged between 20-25°C. Virgin females present thelytoky parthenogenesis.

**Keywords:** *Encarsia tabacivora*, parasitoid, *Bemisia tabaci* biotype B, whiteflies, phenological model, population parameters.



## I. INTRODUCCIÓN

Los insectos parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el Control Biológico Aplicado y juegan un papel fundamental en el control biológico natural. El 76% de los enemigos naturales empleados en proyectos de control biológico son parasitoides, de los cuales el 84% pertenecen al Orden Hymenoptera (Bernal, 2007; Myartseva *et al.* 2012). Por ello, el control biológico es una de las alternativas más promisorias dentro de los programas de manejo integrado de plagas, soportado por los éxitos hasta ahora logrados y el avance en conocimiento básico sobre los tres principales grupos de enemigos naturales: parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos. Los estudios sobre estos agentes incluyen principalmente trabajos sobre biología, ciclos de vida y comportamiento de varias especies de parasitoides, depredadores e información amplia sobre hongos entomopatógenos (López-Ávila *et al.* 2001; Gerling, 1990; Polaszek *et al.* 1992).

El género *Encarsia* comprende una gran diversidad de microhymenopteros, de importancia en el control biológico, los cuales usualmente son parasitoides de moscas blancas y querasas como *Encarsia perniciosi* quien ha sido muy efectivo para el control de la querasa de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*), *Encarsia inaron* para el control de la mosca blanca ceniza (*Siphoninus phillyreae*), *Encarsia laborensis* para controlar la mosca blanca de los cítricos (*Aleurothrixus floccosus*) y *Encarsia formosa* para el control de la mosca blanca de invernadero (*Trialeurodes vaporariorum*) (López-Ávila, 2005).

Actualmente por efecto del cambio climático y el calentamiento global es probable que *Bemisia tabaci* biotipo B (la mosca blanca del camote) pueda migrar su

población a nuevas zonas geográficas, así como incrementar su población en áreas donde ya existen, (zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo), siendo un riesgo potencial para el manejo fitosanitario de los cultivos (Gamarra *et al.* 2015). Una alternativa de manejo ante este problema es identificar los controladores biológicos (parasitoides y predadores) los cuales cumplen un rol importante ya que reducen las poblaciones de los insectos dañinos. Así, *Encarsia tabacivora* puede ser una alternativa complementaria al manejo integrado de la mosca blanca *B. tabaci* biotipo B, debido a que es un buen controlador de ninfas.

El uso de tablas de vida de los insectos es una herramienta de investigación que permite entender la dinámica poblacional de un organismo (Cividades, 2002) y estudia algunos aspectos de la biología del insecto (el tiempo de desarrollo, la tasa de desarrollo, la fecundidad y supervivencia) (Kazak *et al.* 2002), por otro lado, se puede predecir la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de los insectos (Yang & Chi, 2006).

*E. tabacivora* no cuenta con estudios sobre biología y parámetros poblacionales bajo un amplio rango de temperaturas; por lo que la presente investigación tiene como objetivos generales:

- Determinar algunos aspectos biológicos importantes de *Encarsia tabacivora*.
- Evaluar el efecto de la temperatura sobre la biología de *Encarsia tabacivora* y sus parámetros biológicos.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el efecto de la temperatura en el ciclo de desarrollo, mortalidad, longevidad y capacidad de reproducción del parasitoide *E. tabacivora* en diferentes temperaturas constantes.
- Establecer los parámetros biológicos a partir de la data en tablas de vida del insecto a diferentes temperaturas constantes.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 ASPECTOS GENERALES DEL PARASITOIDE *Encarsia tabacivora***

#### **2.1.1 DISTRIBUCIÓN**

*E. tabacivora* ha sido reportada en 4 continentes y en los países que se detallan a continuación (Figura 1):

América del norte: Estados Unidos, Canadá y México; América Central y El Caribe: Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras; América del Sur: Brasil, Colombia, Perú, Venezuela; Europa (Italia); Asia (Israel) y Oceanía (Australia), Gamarra *et al.* (2015).

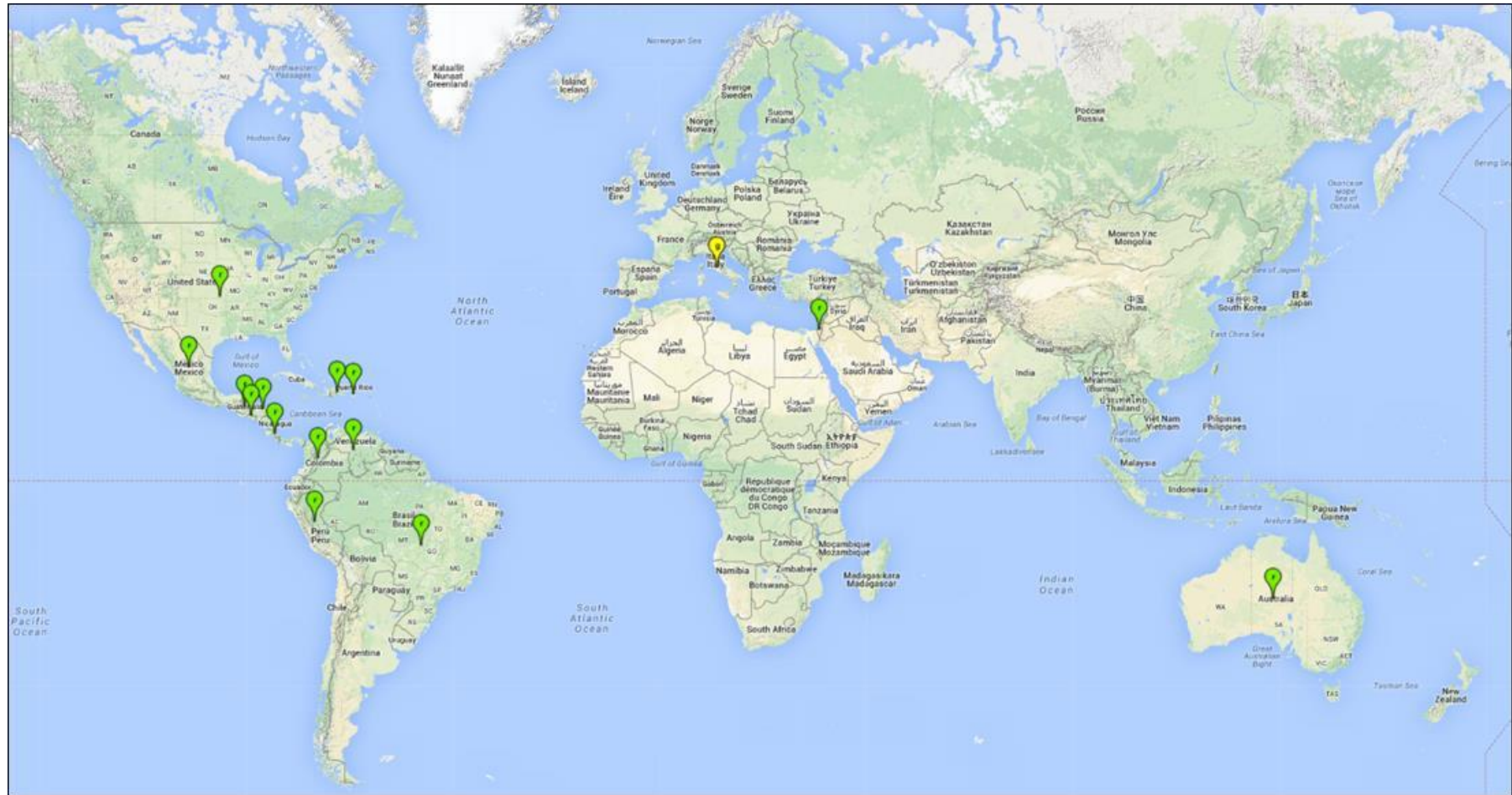


Figura 1. Distribución geográfica mundial de *Encarsia tabacivora*. Los puntos verdes indican países con incidencias reportadas; puntos amarillos indican los países en los que han sido llevadas a cabo lanzamientos, pero donde no se ha confirmado el establecimiento.

Fuente: Gamarra *et al*, 2015.

### 2.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Orden	: Hymenoptera
Suborden	: Apócrita
Serie	: Parasítica
Superfamilia	: Chalcidoidea
Familia	: Aphelinidae
Subfamilia	: Coccophaginae
Género	: <i>Encarsia</i>
Especie	: <i>Encarsia tabacivora</i> Viggiani 1985
Sinonimia	: <i>Encarsia bemisiae</i> De Santis, 1981

### 2.1.3 SINONIMIAS

En 1981, De Santis describió a la especie *Encarsia bemisiae* De Santis 1981, sin embargo, ya había una especie descrita con este nombre (homónimo) entonces Viggiani en 1985, cambió el nombre a *Encarsia tabacivora*, Viggiani 1985. En 1992, Polaszek *et al.*, consideró a *E. tabacivora* Viggiani como sinónimo de *E. pergandiella* Howard; sin embargo, Myartseva & Evans (2008) consideran a estas 2 especies como diferentes, citando las características que las diferencian (Tabla 1).

**Tabla 1: Características que distingue a *E. tabacivora* de *E. pergandiella*, descritos por Myartseva & Evans.**

Característica	Especie	
	<i>E. tabacivora</i>	<i>E. pergandiella</i>
<b>Ovipositor</b>	Más corto que la longitud de la tibia media.	Más largo que la longitud de la tibia media.
<b>Basitardo medio</b>	Normalmente más corto que los 4 segmentos tarsales restantes combinados.	Usualmente tan largo como la combinación de los 4 segmentos tarsales restantes.
<b>Terguito</b>	Tergito 6 con 1 par de setas entre los cerci.	Tergito 6 con 2 pares de setas entre los cerci.

Fuente: Myartseva & Evans, 2008.

#### 2.1.4 HOSPEDEROS

*E. tabacivora* parasita a insectos de la familia Aleyroridae como *Aleurodicus* sp., *Aleurotrachelus trachoides* (Back), *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman), *T. vaporariorum* (Westwood), *Trialeurodes* sp. (Myartseva y Evans, 2008).

#### 2.1.5 CICLO BIOLÓGICO

La biología de *E. tabacivora* aún no ha sido descrita detalladamente, por ello se presenta una descripción general de la familia Aphelinidae y otras especies del género *Encarsia*.

##### a) Huevo

Silvestri, (1995); Myartseva y Evans, (2008), reporta que los huevos de aphelinidos tienen forma himenopteriforme y que existen dos tipos de desarrollo: los huevos de especies endoparasitoides que usualmente son alargados-ovalados, ligeramente curvos, ampliamente redondeados anteriormente y angostos posteriormente, y los huevos de ectoparasitoides que son de forma ovalada con pedicelo posterior para fijarse en el cuerpo del hospedero. Por otro lado, el tamaño de un huevo es muy pequeño, por ejemplo: *Encarsia inaron* mide 0.13 x 0.04 mm, *Encarsia citrina* - 0.08 x 0.02 mm (Silvestri, 1915; Myartseva *et al.* 2012), *Encarsia transvena* - 0.161 x 0.046 mm (Antony *et al.* 2003) y *Encarsia bimaculata* - 0.168 x 0.026 mm (Antony *et al.* 2004). El corion por lo general es blanco, reluciente y sin estructuras notables (De Santis, 1948; Myartseva *et al.* 2012).

Normalmente se deposita un huevo por cada huésped, pero se ha encontrado que algunas hembras no son capaces de discriminar entre huéspedes previamente parasitados y los no parasitados, y en condiciones de confinamiento puede ser que presente más de un huevo en un sólo huésped, pero sólo una larva se desarrollará completamente (López-Ávila, 2004).

## **b) Larva**

La larva de *Encarsia* pasa por tres estados larvales durante su desarrollo, alimentándose de todo el contenido interno del cuerpo del huésped (López-Ávila, 2004).

El primer estadio larval muestra una gran plasticidad morfológica, es de tipo himenopteriforme en endófagos y ectófagos (primarios o secundarios) (Myartseva y Evans, 2008). Las larvas primarias endófagos por lo general son completamente apnéusticas (Myartseva *et al.* 2012), se caracterizan por un cuerpo alargado y de cola más larga, sin espiráculos respiratorios, la larva de los machos de algunos *Encarsia* son endófagos, mientras que los estadios posteriores son ectófagos en el mismo hospedero. Las larvas ectófagas, en cambio, presentan un número variable de espiráculos que va de 5 a 8 pares (Viggiani, 1984; Myartseva y Evans, 2008).

El segundo estadio larval o intermedio es bastante similar al tercer estadio, pero en especies endófagos se muestra la reducción de las mandíbulas y del sistema respiratorio (Viggiani, 1984; Myartseva y Evans, 2008). El tercer y último estadio larval es muy uniforme y similar a la de otras familias emparentadas de Chalcidoidea. Normalmente el sistema respiratorio tiene 8–9 pares de espiráculos o solamente 4–5 pares en algunos géneros. (Myartseva y Evans, 2008).

Terminado el período larval el parasitoide descarga el meconio (excremento) a lo largo del margen interior de la exuvia vacía del huésped (López-Ávila, 2004) y se forma la prepupa, que es más elongada, su cauda es más puntiaguda (Myartseva *et al.* 2012).

## **c) Pupa**

La pupa de *Encarsia* endófagos se forma llenando toda la cavidad del huésped y toma la misma posición ventral de éste (López-Ávila, 2004). La superficie dorsal de la pupa usualmente es ligeramente convexa, ventralmente es ligeramente cóncava. Durante el proceso de pupación, las patas y las envolturas de las alas emigran a los lados del

cuerpo. La exuvia larval a menudo se adhiere a la punta del abdomen de la pupa. Aunque los sexos no son distinguibles en muchos de los estadios precedentes, son fácilmente reconocibles en el estado pupal. Exactamente como en otros chalcidoideos, la pupación de la mayoría de las especies de afelínidos, empieza después del término de la alimentación y de la separación del meconio (excrementos). Usualmente, el meconio tiene forma de grumos negros o pardos y es característico en muchas especies. La forma, posición y coloración del meconio a menudo ayuda a identificar especies de afelínidos después de la emergencia de los adultos (Myartseva *et al.* 2012).

La pupa tiene más o menos visible la segmentación el gáster, antenas, patas y alas rudimentarias. Al inicio es blancuzca o amarillenta, después gradualmente se oscurece durante el desarrollo del adulto (Myartseva *et al.* 2012), en algunas especies es marrón oscura o negra y los adultos son de color amarillo claro como *E. cibcencis*, sin embargo, en otras especies esa cubierta es transparente. Igualmente, algunas especies como *E. formosa* producen una melanización completa de la piel del huésped como en *T. vaporariorum* y no lo hacen en otros huéspedes como *B. tabaci*. Cuando termina el período de pupa, el nuevo adulto gira a una posición dorsal para perforar un orificio de salida en la parte dorso anterior del huésped (López-Ávila, 2004).

#### **d) Adulto**

Las hembras adultas de *E. tabacivora* se caracterizan por presentar fórmula tarsal 5-5-5. Ala anterior ahumada debajo de la vena marginal y con un área sin setas alrededor de la vena estigmal. Maza antenal de 2 segmentos. Lóbulo medio del mesoescudo con 4 pares de setas. Sensilas escutelares placoideas ampliamente espaciadas. Espuela de la tibia media menor de 0.5 veces la longitud del basitarso. Ovipositor subigual en longitud a la tibia media; cabeza amarilla; mesosoma principalmente amarillo, pronoto parduzco, así como el margen anterior del mesoescudo, axilas y propodeo; gáster parduzco con márgenes laterales y el terguito 7 claros; antenas y patas blanquecinas (Myartseva y Evans, 2008).

La reproducción de los afelínidos comúnmente es biparental, aunque la reproducción uniparental también es común. Usualmente, las hembras apareadas ponen



huevos diploides (fertilizados) dentro o sobre el cuerpo del hospedero, e invariablemente originan hembras. Las hembras no apareadas ponen huevos haploides que invariablemente originan machos (partenogénesis arrhenotoka). En la reproducción uniparental, las hembras no apareadas normalmente producen huevos diploides y raramente también haploides (partenogénesis deuterotoka) (Myartseva *et al.* 2012).

### **2.1.6 IMPORTANCIA DE APHELINIDAE COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS**

La mayoría de los Aphelinidae son parasitoides primarios o hiperparasitoides de insectos pertenecientes al orden Hemiptera, de las familias Coccidae, Aphididae y Aleyrodidae, algunas especies son conocidas por atacar a los huevos de los insectos en diferentes órdenes (Polaszek, 1991; Myartseva y Evans, 2008). Los géneros más comunes y bien conocidos son: *Aphelinus* en Aphididae, *Coccophagus* en Coccidae, *Prospaltella* en Coccidae y Aleyrodidae, *Encarsia* y *Eretmocerus* en Aleyrodidae (López – Ávila, 2004).

El género *Encarsia* Föster es uno de los más diversos y de gran importancia económica en la familia Aphelinidae. Este género contiene más de 150 especies que son utilizadas en programas de control biológico clásico en todo el mundo contra plagas de las familias Aleyrodidae y Diaspididae (Myartseva y Evans, 2008). Los adultos emergidos se alimentan de la secreción azucarada exudado por sus hospederos y de las secreciones que salen de las heridas causadas durante la oviposición, muchos adultos matan a sus hospederos de esta forma actuando como predadores (López-Ávila, 2004).

Comercialmente están disponibles las especies *Encarsia formosa* Ganan, *Eretmocerus mundus* Mercet y *Eretmocerus eremicus* (Rose y Zolnerowitz) (Castané *et al.*, 2008; Moreno, 2011). *E. formosa* es la especie más conocida en la historia del control de las mosquitas blancas *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius), las cuales tienen un rango de hospederos muy grande, este parasitoides actualmente es cosmopolita porque se ha distribuido para el control biológico comercial de mosquitas blancas en invernaderos, principalmente en países

europeos (Parrella *et al.*, 1999; Miartseva *et al.*, 2012), donde la presencia de la plaga es predominante (Gabarra *et al.*, 2008; Moreno, 2011). Cuando *B. tabaci* se expandió y constituyó un problema en muchas zonas de la cuenca mediterránea, se utilizó *E. formosa* para su control (Boisclair *et al.*, 1990 y Hoddle *et al.*, 1998), sin embargo, ante los resultados insatisfactorios se cambió por *Eretmocerus eremicus*, otro parasitoide exótico. Posteriormente éste fue reemplazado por el parasitoide autóctono *Eretmocerus mundus*, siendo este último el más utilizado para el control de *B. tabaci* (Stansly *et al.*, 2008 y Aró *et al.*, 2010 citados por Moreno, 2011). Por otro lado, a fines de los años 70 se introdujo en Italia la especie americana *Encarsia pergandiella* para combatir la mosca blanca *B. tabaci*, desde entonces, también se ha establecido en muchas zonas de la cuenca mediterránea (Gabarra *et al.*, 1990; Moreno, 2011).

Para el Perú, mediante el SENASA se introdujo *Encarsia pergandiella* el año 2001 y los primeros trabajos en campo se realizaron en el insectario del campamento de San José de Virú, en la irrigación CHAVIMOCHIC en la región de La Libertad. Este trabajo consistió la colecta de ninfas de mosca blanca parasitadas por *E. pergandiella* en plantas de *Sonchus oleraceus* (cerraja), las cuales fueron instaladas en jaulas de exclusión, donde se instaló plantas de cerraja, pimiento piquillo y crotalaria con ninfas de mosca blanca, se encontró un nivel de parasitismo de 85% (bajo condiciones de invernadero). Sin embargo, el nivel de parasitismo encontrado en campo fue bajo, debido principalmente al manejo químico empleado para el control de otras plagas (Díaz y Ternero, 2002).

Otras experiencias de control biológico con aphelinidos fueron realizadas por SENASA en el 2001, entidad que trabajó con la introducción *Eretmocerus eremicus* del Insectario Rincon Vitova de California, con el objetivo de hacer la crianza y liberación de este parasitoide para controlar a *Bemisia tabaci*. Este trabajo consistió en la introducción de 3000 pupas parasitadas de *B. tabaci*, los cuales fueron acondicionados en algodón, camote y en *Nicotiana glauca*, este último infestado con *T. vaporariorum*, obteniéndose buenos resultados. La crianza de este parasitoide se desarrolló por espacio de un año, efectuándose liberaciones en diferentes zonas de Perú; sin embargo, no se continuó con las evaluaciones ni monitoreo de su establecimiento (Com. per. Armando Canales – SENASA, 2010).

### **2.1.7 RELACIÓN HOSPEDERO - PARASITOIDE**

La mayoría de los afelínidos están asociados con ninfas de Hemíptera (Aleyrodoidea, Coccoidea y Aphidoidea), como parasitoides primarios o como hiperparasitoides. Son enemigos naturales de moscas blancas, escamas suaves, escamas armadas y pulgones en ecosistemas naturales y agrícolas. Sin embargo, se conocen más de 30 especies que atacan huevos de otros insectos, y pertenecen a los géneros *Centrodora*, *Encarsia*, *Ablerus*, *Aphelinus*, *Marietta*, *Cales* y *Dirphys*. Muchas especies de *Encarsia* tienen un rango de hospederos relativamente grande mientras que otras están mucho más restringidas. (Polaszek, 1991; Myartseva *et al.*, 2012).

Los machos de la mayoría de las especies de *Encarsia* se desarrollan como hiperparasitoides en individuos de su propia especie o en otras especies de parasitoides (Williams & Polaszek, 1996). Los machos de *Encarsia porteri* (Mercet) se han obtenido de huevos de un lepidóptero (Polaszek, 1991). Cuatro especies orientales de *Encarsia* parasitan pulgones hormafidinos (Evans *et al.*, 1995). Dos especies de *Encarsia* fueron obtenidas en Argentina de huevos de Cicadellidae, la cual es una inusual asociación (Polaszek & Luft Albarracin, 2011; Myartseva *et al.*, 2012).

## **2.2 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN INSECTOS CONTROLADORES BIOLÓGICOS**

Se han realizado estudios para evaluar el efecto de la temperatura en el ciclo de vida de muchos controladores biológico de diferentes plagas y en diferentes condiciones de laboratorio. Los estudios del género *Encarsia* no han sido la excepción. Williams (1995), investigó algunos aspectos de la biología (longevidad, fecundidad, tasas de desarrollo, dinámica de la proporción de sexos) de *Encarsia tricolor* Foster, usando la mosca blanca de la col, *Aleyrodes proletella*, como hospedante bajo condiciones de laboratorio a 25°C y fotoperiodo de 16:8 (L: O). López y Botto (1997) estudiaron aspectos biológicos y demográficos de una población de *Eretmocerus sp* comparados

con *E. formosa*, usando como hospedante a *T. vaporariorum* bajo 2 temperaturas constantes ( $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $29 \pm 1^\circ\text{C}$ , 50-70% de HR y fotoperiodo de 14:10 (L: O)). Viscarret y López (2003) estudiaron algunos parámetros biológicos de *Encarsia porteri* Mercet, en su hospedero *B. tabaci* biotipo argentino ARG1 en plantas de tomate y algodón, bajo condiciones de laboratorio a  $21.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ,  $64.9 \pm 1.8\%$  % de HR y fotoperiodo de 14:10 (L: O). Malekmohammadi *et al.* (2012) estudiaron los parámetros del ciclo biológico y tablas de vida de *Encarsia inaron* (Walker) parasitoide de *Neomaskellia andropogonis* Corbett a temperaturas constantes de 20, 25, 30 y  $32^\circ\text{C}$ , 40-50% de HR y fotoperiodo de 12:12 (L: O) entre otros. También se hicieron los estudios de otros géneros controladores de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Liu (2007) realizó estudios para determinar los parámetros biológicos de *Eretmocerus melanoscutus* Zolnerowich y Rose y evaluar su potencial como un agente de control biológico de *B. tabaci* biotipo B en condiciones de laboratorio a  $26.7 \pm 2^\circ\text{C}$ , 50-75% de HR y fotoperiodo de 14:10 (L: O). López y Chacón (2010) evaluaron los atributos biológicos básicos de *Eretmocerus mundus* sobre *B. tabaci* biotipo B en pimiento y tomate bajo condiciones de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 40-60% de HR y fotoperiodo de 16:8 (L: O). Huang *et al.* (2008) estudiaron el efecto de la temperatura sobre el desarrollo del predador de mosca blanca *Axinoscymnus cardilobus* bajo siete regímenes de temperatura constante (14, 17, 20, 23, 26, 29,  $32 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $75 \pm 1\%$  % de HR y fotoperiodo de 14:10 (L: O)).

En las tablas 2 y 3 se presentan algunos estudios biológicos realizados sobre insectos del género *Encarsia* y de otros controladores de *B. tabaci*.

**Tabla 2: Parámetros biológicos y poblacionales del género *Encarsia*, registrados por otros autores bajo condiciones de laboratorio.**

Autor (es)	Parasitoide	Plaga	Planta hospedera	Temp. (°C)	HR (%)	Fotoperiodo (L:O)	Tiempo de desarrollo (H-A) (días)	% supervivencia de inmaduros	Longevidad hembra (días)	Oviposición diaria	Fecundidad total	Proporción de hembras	Ro	rm	T	$\lambda$	Dt
López y Botto, 1995	<i>E. Formosa</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Tomate	25	50-80	14:10	--	96.6	10.4	15.8 a	--	--	150.482	0.281 ± 0.004	17.994	--	--
Qiu, <i>et al.</i> , 2004	<i>E. Formosa</i> B *	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Poinsettia	15	60	16:08	48.3 ± 0.87	--	50.4 ± 4.5	0.83 ± 0.46 a	75.8	--	--	--	--	--	--
				20			28.0 ± 0.48	--	33.5 ± 3	7.04 ± 0.68 a	156.6	--	--	--	--	--	
				25			19.8 ± 0.24	--	28.6 ± 2.7	5.25 ± 1.33 a	109.6	--	--	--	--	--	
				32			14.8 ± 0.13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Qiu, <i>et al.</i> , 2004	<i>E. Formosa</i> D *	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Poinsettia	15	60	16:08	62.8 ± 0.46	--	23.0 ± 1.2	4.2 ± 0.83 a	62.5	--	--	--	--	--	--
				20			29.8 ± 0.26	--	15.8 ± 0.9	8.87 ± 0.7 a	94.5	--	--	--	--	--	
				25			15.6 ± 0.32	--	7.8 ± 0.9	6.75 ± 1 a	80.9	--	--	--	--	--	
				32			13.6 ± 0.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Qui y Ren, 2005	<i>E. bimaculata</i>	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Solanum	26	70-80	14:10	12.1 ± 0.1	91.1 ± 1.8	6.6 ± 0.4	4.2	27.6	0.7	18.21	0.1892 ± 0.02	15.31	1.208	3.52
			Hibiscus				13.6 ± 0.4	93.2 ± 2.6	8.0 ± 0.6	4.5	35.9	0.7	33.32	0.2081 ± 0.015	16.85	1.228	3.33
Qui <i>et al.</i> , 2006	<i>E. bimaculata</i>	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Berenjena	20	70-80	14:10	22.8 ± 0.37	85.0 ± 2.17	8.4 ± 0.68	3.5	29.3 ± 2.91	--	11.09	0.0816 ± 0.013	29.5	1.09	7.87
				23			15.1 ± 0.27	85.5 ± 1.08	7.6 ± 0.46	3.5	26.8 ± 1.88	--	16.31	0.1267 ± 0.009	22.04	1.14	5.28
				26			12.1 ± 0.15	91.0 ± 1.84	6.6 ± 0.42	4.2	27.6 ± 2.11	--	18.21	0.1892 ± 0.016	15.3	1.21	3.52
				29			9.2 ± 0.22	90.3 ± 2.55	5.9 ± 0.27	4.6	26.8 ± 1.28	--	13.15	0.2163 ± 0.010	11.92	1.24	3.13
				32			8.7 ± 0.58	84.8 ± 0.97	5.4 ± 0.35	4.5	24.3 ± 2.02	--	14.16	0.2062 ± 0.022	12.85	1.23	3.19
Malekmohammadi <i>et al.</i> , 2012	<i>E. inaron</i>	<i>Neomaskellia andropogonis</i>	Caña de azúcar	20	40-50	12:12	31.71 ± 0.43 (h)	80.8 ± 2.7	22.3 ± 1.05	2.34 ± 0.5 b	54.43 ± 1.89 d	0.82	34.66 ± 3.22	0.11 ± 0.0	31.32 ± 1.75	1.12 ± 0.0	6.12 ± 0.25
				25			19.60 ± 0.41 (h)	86.6 ± 2.16	14.4 ± 0.96	5.29 ± 0.86 b	74.36 ± 3.01 d	0.74	44.89 ± 4.04	0.2 ± 0.01	18.73 ± 1.28	1.22 ± 0.02	3.41 ± 0.24
				30			15.04 ± 0.27 (h)	72.50 ± 3.63	5.2 ± 0.22	4.27 ± 0.75 b	21.54 ± 0.96 d	0.63	8.85 ± 1.91	0.18 ± 0.02	12.06 ± 0.25	1.20 ± 0.02	3.83 ± 0.32
				32			17.05 ± 0.45 (h)	64.40 ± 2.49	4.5 ± 0.23	2.73 ± 0.53 b	12.07 ± 0.71 d	0.55	4.26 ± 0.82	0.12 ± 0.01	12.41 ± 0.23	1.12 ± 0.02	5.91 ± 0.74
							19.20 ± 0.28 (h)	--	18.85 ± 2.49	--	--	--	--	--	--	--	--
Viscarret y López, 2003	<i>E. porteri</i>	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo ARG1	Algodón	21	65	14:10	23.4 ± 0.21 (h)	--	20.52 ± 0.94	--	--	--	--	--	--	--	
			Tomate				19.20 ± 0.28 (h)	--	18.85 ± 2.49	--	--	--	--	--	--	--	
Williams, 1995	<i>E. tricolor</i>	<i>Aleyrodes proletella</i>	Col de Bruselas	25		16:08	16.69 ± 0.62	--	0.6	7.31 ± 0.27 b	85.36 ± 13.85 d	--	--	--	--	--	--
Zandi-Sohani y Shishehbor, 2010	<i>E. acaudaleyrodids</i>	<i>Bemisia tabaci</i>	Pepino	20	40-50	14:10	20.3 ± 0.3	84.0 ± 2.8	21.1 ± 2.1	1.5 ± 0.1	34.2 ± 2.4	--	13.51 ± 1.17	0.10 ± 0.00	24.80 ± 0.69	1.11 ± 0.00	6.59 ± 0.20
				25			15.6 ± 0.2	88.2 ± 2.3	14.7 ± 1.3	3.8 ± 0.2	54.6 ± 5.6	--	25.25 ± 2.51	0.17 ± 0.03	19.08 ± 0.50	1.18 ± 0.00	4.09 ± 0.06
				30			10.3 ± 0.2	70.0 ± 1.0	10.0 ± 0.8	3.1 ± 0.1	30.6 ± 2.0	--	5.75 ± 0.64	0.13 ± 0.01	13.30 ± 0.49	1.14 ± 0.01	5.23 ± 0.38
				32			9.0 ± 0.3	69.0 ± 4.2	9.1 ± 0.6	2.2 ± 0.1	20.1 ± 1.6	--	2.51 ± 0.64	0.08 ± 0.01	11.26 ± 0.23	1.08 ± 0.00	8.42 ± 0.60
Chen y Tong-Xian, 2011	<i>E. sophia</i>	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	Fríjol verde	27	55	14:10	11.5	--	1.8	--	5.4 b	--	--	--	--	--	

\*dos poblaciones diferentes; a: pupas parasitadas/hembra/día; b: huevos/hembra/día; c: pupas parasitadas/hembra; d: huevos/hembra (h): hembras

**Tabla 3: Parámetros biológicos y poblacionales de otros controladores de *B. tabaci*, registrados por otros autores bajo condiciones en laboratorio.**

Autor (es)	Parasitoide	Plaga	Planta hospedera	Temp. (°C)	HR (%)	Fotoperiodo (L:O)	Tiempo de desarrollo (días)	% supervivencia de inmaduros	Longevidad hembra (días)	Oviposición diaria	Fecundidad total	Proporción de hembras	R0	rm	T	$\lambda$	Dt
López y Botto, 1997	<i>Eretmocerus sp.</i>	<i>Bemisia tabaci</i>	tomate	26	30-75	14:10	19.8 ± 0.8	90	12.8	5.9 a	130 c	0.57	100.8	0.195	23.7	--	--
Liu, 2007	<i>Eretmocerus melanoscutus</i>	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	melón	26.7	55-75	14:10	16.8	93.4 ± 2.2	9.8 ± 0.9	11.2 ± 0.6 b	122.4 ± 13.1 d	0.54	61.42	0.217	19.01	1.2423	3.19
Chacón y López, 2010	<i>Eretmocerus mundus</i>	<i>Bemisia tabaci</i>	tomate	25	40-60	16:08	18.8 ± 0.34 (h) 18.04 ± 0.29 (m)	83.45 ± 2.13	17.0 ± 0.92	9.3 ± 0.7 a	154.81 ± 17.61 c	0.47	154.65 ± 17.58	0.228 ± 0.057	24.03 ± 0.34	--	--
			pimiento				17.38 ± 0.53 (h) 17.93 ± 0.16 (m)	86.86 ± 1.94	18.19 ± 1.61	9.71 ± 0.99 a	188.88 ± 24.23 c	0.64	189.71 ± 24.25	0.226 ± 0.061	25.88 ± 0.42	--	--
Huang et al., 2008	<i>Axinoscymnus cardilobus</i> (Coccinellidae)	<i>Bemisia tabaci</i>	Codiaeum variegatum	17	75	14:10	42.7 ± 0.7	3.8 ± 0.9	163.1 ± 5.0	--	124.7 ± 6.7 d	0.52	16.6 ± 4.5	0.025 ± 0.004	112.7 ± 27.5	1.025 ± 0.013	--
				20			28.6 ± 1.4	5.7 ± 0.8	98.9 ± 13.1	--	197.6 ± 46.4 d	0.52	65.4 ± 12.6	0.047 ± 0.002	89.8 ± 25.5	1.048 ± 0.005	--
				23			19.8 ± 1.6	7.0 ± 0.6	89.6 ± 11.9	--	210.6 ± 32.1 d	0.42	70.7 ± 15.9	0.0059 ± 0.008	72.2 ± 20.0	1.062 ± 0.008	--
				26			18.8 ± 1.4	6.9 ± 0.6	71.9 ± 8.4	--	132.3 ± 31.3 d	0.44	49.1 ± 9.0	0.058 ± 0.006	67.0 ± 20.2	1.060 ± 0.007	--
				29			15.5 ± 1.6	5.4 ± 0.4	74.6 ± 4.2	--	92.9 ± 7.7 d	0.48	21.5 ± 3.4	0.054 ± 0.007	56.9 ± 10.1	1.055 ± 0.008	--
				32			15.5 ± 1.2	4.1 ± 0.9	34.1 ± 7.6	--	20.2 ± 10.3 d	0.56	5.3 ± 3.3	0.043 ± 0.011	38.7 ± 7.9	1.044 ± 0.014	--
Ren et al., 2002	<i>Nephaspis oculatus</i> (Coccinellidae)	<i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B	hibiscus	20	78	14:10	34.0 ± 2.0	25	118.6 ± 61.1	0.6 ± 0.9 b	51.9 ± 34.4 d	0.52	6.7 ± 3.05	0.019 ± 0.004	101.0 ± 17.1	1.019 ± 0.004	36.1 ± 7.1
				23			25.2 ± 2.1	59	108.8 ± 37.0	0.8 ± 1.0 b	64.4 ± 44.4 d	0.56	23.4 ± 10.0	0.036 ± 0.005	87.6 ± 17.1	1.037 ± 0.005	19.2 ± 2.4
				26			21.9 ± 1.3	69	104.8 ± 57.9	1.0 ± 1.1 b	80.6 ± 53.7 d	0.54	33.1 ± 14.5	0.055 ± 0.006	79.5 ± 10.9	1.045 ± 0.007	15.6 ± 2.3
				29			19.6 ± 2.6	60	80.9 ± 31.5	1.0 ± 1.2 b	58.4 ± 33.8 d	0.5	20.1 ± 10.9	0.044 ± 0.008	66.6 ± 7.8	1.046 ± 0.008	15.1 ± 2.8
				31			16.5 ± 1.3	45	66.3 ± 30.6	0.7 ± 1.2 b	32.7 ± 29.1 d	0.51	9.2 ± 3.9	0.038 ± 0.006	59.4 ± 7.4	1.032 ± 0.007	17.5 ± 3.2

a: pupas parasitadas/hembra/día; b: huevos/hembra/día, c: pupas parasitadas/hembra, d:huevos/hembra, h: hembras; m:machos

### 2.3 TABLAS DE VIDA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO FENOLÓGICO EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA

El comportamiento y desarrollo de las poblaciones de insectos, tanto de hospederos como parasitoides, están influenciados por factores abióticos como la temperatura, la humedad relativa o el fotoperíodo; y factores bióticos como las características de las plantas hospederas (Minkenberg, 1990; Valencia, 2008). Además, estos factores influyen a su vez sobre el nivel de respuesta de actividades tales como la alimentación, la dispersión, postura o el desarrollo (Marco, 2001). Pero de todos los factores ambientales, el que ejerce un efecto mayor sobre el desarrollo de los insectos es la temperatura, principalmente por su importancia en la incidencia sobre los procesos bioquímicos, ya que influyen sobre todo estos procesos en organismos poiquiloterms, es decir, "de sangre fría" (Wagner *et al.*, 1984; Marco, 2001).

La tabla de vida es un componente que demuestra el entendimiento de la dinámica de la población de una especie (Deevey, 1947; Southwood, 1978; García *et al.* 2005), es aplicada para predecir el potencial de un insecto para establecerse de forma exitosa dentro un determinado lugar. También es una manera sinóptica y sintética de plasmar en forma cuantitativa y numérica las principales características del tiempo de desarrollo, mortalidad, fertilidad de un ser vivo y las proporciones sexuales (Cardona y Otman, 1975; Dávila, 2011). Deevey (1947), citado por García *et al.* (2005), fue el primer investigador que enfocó su atención en la importancia de las tablas de vida, que fueron usadas para determinar la expectativa de vida de un organismo en un estado específico. En la obtención de una tabla de vida, se deben estimar tres parámetros de la población para que esta sea lo más completa posible. El primero es el número de individuos vivos que entran a cada estado del ciclo de vida del insecto; el segundo la mortalidad a partir de factores específicos en cada estado de vida y el tercero la fecundidad (Bellows *et al.* 1992; Casana, 2015).

El éxito del establecimiento de una especie, depende principalmente de la compatibilidad climática para su desarrollo, siendo la temperatura el principal factor que los afecta. El Centro Internacional de la Papa, ha desarrollado un programa o *software* llamado ILCYM (Modelo del ciclo de vida de los insectos o Insect Life Cycle Modeling), esta

herramienta analiza datos que provienen de las tablas de vida del insecto en estudio, para con ello obtener un modelo fenológico basado en la temperatura, que predice satisfactoriamente los parámetros de las tablas de vida para diferentes zonas agro-ecológicas (Sporleder *et al.* 2004), este modelo debe ser validado con datos de campo y laboratorio (Keller 2003), en zonas agro-ecológicas específicas, en relación con los datos de temperatura (Kroschel and Sporleder, 2006). Este modelo sirve para predecir, evaluar y comprender la dinámica de la población de las especies plaga, así como de sus enemigos naturales (Sporleder *et al.* 2009). El modelo, al ser utilizado junto con sistemas de información geográfica (GIS) y la temperatura atmosférica, nos permite la simulación de tres índices de riesgo (ERI: Índice de establecimiento, GI: Índice de generaciones y AI: Índice de actividad), a una escala a nivel mundial (Sporleder *et al.* 2007; Sporleder *et al.* 2009). Esta herramienta también puede ser utilizada para predecir cambios futuros en los índices de riesgo a consecuencia del calentamiento global (Sporleder *et al.* 2007; Sporleder *et al.* 2009), como también nos ayuda a determinar el momento oportuno de realizar la liberación de los enemigos naturales.

## **2.4 ASPECTOS GENERALES DE LA MOSCA BLANCA *Bemisia tabaci***

### **2.4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN**

Algunos científicos sugieren que puede ser originaria de África tropical, desde donde se dispersó a Europa y Asia, y fue posteriormente introducida al Neotrópico principalmente por el transporte de material vegetal (Brown y Bird, 1992; Campbell *et al.*, 199; Lorenzo, 2013). Sin embargo, otros investigadores aseguran que esta especie puede ser nativa de India o Pakistán, donde se ha encontrado la mayor diversidad de especies de sus enemigos naturales (Brown *et al.*, 1995; Lorenzo, 2013). Actualmente *B. tabaci* es una especie distribuida globalmente y se encuentra presente en todos los continentes con excepción de la Antártida (Martin *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2001).

En Perú, *B. tabaci* fue reportada por primera vez en 1993 por Redolfi y Rodríguez, con una existencia que data del año 1987 en los valles del Rímac, Lurín y



Cañete. El biotipo B de *Bemisia tabaci*, fue reportada por primera vez por Vergara *et al.* (1998) en el valle de Cañete y en el cultivo de zapallo, causando desorden fisiológico conocido como “hoja plateada”. Valencia lo reportó por primera vez en el valle de Ica en cultivos de algodón y tomate en el año 1999. A nivel nacional se ha registrado en Cañete, valles del Rímac, Lurín y valle de Ica, sin embargo, es muy probable que en la actualidad esté ampliamente distribuida en la mayoría de los valles de la costa (Valencia, 2000).

#### 2.4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Clase	: Insecta
Subclase	: Pterigota
Orden	: Hemíptera
Suborden	: Sternorrhyncha
Superfamilia	: Aleyrodoidea
Familia	: Aleyrodidae
Subfamilia	: Aleyrodinae
Género	: <i>Bemisia</i>
Especie	: <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius 1899)

*Bemisia tabaci* (Hemíptera: Aleyrodidae) fue descrita por Gennadius en 1889 como una plaga del tabaco en Grecia y se nombró como *Aleyrodes tabaci*, la mosca blanca del tabaco. En el continente americano fue colectada por primera vez en 1897 sobre *Ipomoea batatas* en Estados Unidos, donde se describió como *Aleyrodes inconspicua* Quaintance (Quaintance, 1900; Oliveira *et al.*, 2001). Debido a la variación morfológicas que sufre este aleyródido de acuerdo con el hospedero donde ha sido encontrado, se le han dado 22 nombres, los cuales hoy se consideran sinónimos de la especie *B. tabaci* (Lorenzo, 2013).

### 2.4.3 BIOTIPOS DE LA MOSCA BLANCA *B. tabaci*

Desde los años 50 se propuso la existencia de razas o biotipos de *B. tabaci* debido a que algunas poblaciones tenían las mismas características morfológicas, pero con características biológicas distintas (Lourenção y Nagai, 1990; Generoso, 2006). El biotipo A de *B. tabaci*, fue registrado en la década antes mencionada como vector de virus en plantaciones de algodón en el sur-este de California. En 1981 se reportó en Florida sin causar problemas a ningún cultivo, pero en 1984 se presentó ocasionando grandes daños a 17 plantaciones de algodón y cucurbitáceas en el sur-oeste de los Estados Unidos y México (Brown et al. 1995; Carabali 2004).

El biotipo B apareció en el Nuevo Mundo a mediados de los 80s, con altas infestaciones sobre cultivos ornamentales de invernadero. Por los años 1987-1988 se encontraba en plantaciones de *Euphorbia pulcherrima* en la cuenca del Caribe, República Dominicana y Puerto Rico. Entre 1988-1989, se reportó su presencia en Arizona, California, Florida y Texas, en cultivos de alfalfa, brócoli, algodón y tomate (Costa & Brown 1991; Carabali 2004). Para el año 1992 se reportó más biotipos (A, B, C, D y F), distinguidos en base a su ubicación geográfica, a los hospederos que ataca, a características morfológicas y a esterasas marcadoras (Brown et al., 1995; Lorenzo, 2013). En 1993 Perring *et al.*, promovieron a nivel de especie al biotipo B de *Bemisia tabaci*, denominándola *Bemisia argentifolii* por una patología que genera en las calabazas llamada “hoja plateada”. El planteamiento de la especie nueva estuvo basado en el comportamiento reproductivo que indica incompatibilidad entre el biotipo B y el biotipo A en patrones de migración de proteínas y amplificación diferencial con RAPDs-PCR. Los criterios no fueron aceptados de inmediato por problemas de aislamiento de las colonias usadas como poblaciones experimentales, la similitud de secuencias de ARN ribosomal entre biotipos y por la sensibilidad de marcadores (Barinaga, 1993; Achata, 2006). A pesar de ello, en 1994 Bellows y Perring, hicieron oficial el nombre de *B. argentifolii* argumentando algunas diferencias básicas entre los biotipos como: tamaño, fertilidad, rango de hospederos, ritmo de alimentación e inducción del plateado de las hojas en cucurbitáceas, diferencias en las proyecciones cerosas, la seta submarginal anterior de las ninfas de cuarto estadio de *B. tabaci*, ausente en *B. argentifolii* y los patrones de migración de fosfoglucosa isomerasa y

fosfoglucomutasa (Achata, 2006). Después del nombramiento de *Bemisia argentifolii* como una nueva especie, algunos autores han considerado al biotipo B como una nueva especie, pero referido como el biotipo B de *B. tabaci* (Bentz et al. 1995, Blua et al. 1995, Headrick et al. 1995, Liu & Stansly 1995, Naranjo & Flint 1995, Zalom et al. 1995; Salas y Arnal, 2001), mientras que otros autores aun cuando mencionan a *B. argentifolii* como una nueva especie, muestran una tendencia a identificarla con la existencia de un complejo de biotipos dentro del género *Bemisia* y prefieren señalarla como *Bemisia spp.* (Brown et al. 1995, Rossel et al. 1997; Salas y Arnal, 2001).

Los estudios sobre los biotipos de *B. tabaci* se han ido actualizando conforme fueron pasando los años, así para año 2001 Perring reportó 19 biotipos documentados (denominados en secuencia, con las letras A hasta la S). En la actualidad, los biotipos más difundidos son el A (“original” en América), el B (originario de Europa) y el Q (localizado en la cuenca del mar Mediterráneo) (Lorenzo, 2013), lo cual sugiere que *B. tabaci* puede ser un complejo de especies en continuos cambios evolutivos (Perring 2001, Carabali, 2004).

#### **2.4.4 IMPORTANCIA**

El éxito reproductivo de un biotipo, su resistencia a insecticidas y la capacidad para transmitir virus son variables que definen su potencial como plaga del camote y otros cultivos (Perring, 2001; Achata, 2006).

*B. tabaci* es una especie polífaga al punto que se han registrado más de 600 especies hospederas de las cuales el 50% pertenecen a cinco familias: Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae y Euphorbiaceae (Mound & Halsey 1978; Carabali, 2004). El biotipo B de *B. tabaci* es la especie de mosca blanca más polífaga, atacando camote (*I. batatas*), fríjol (*Phaseolus vulgaris*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), pepino (*Cucumis sativus*), melón (*Cucumis melo*), soya (*Glyxine max*), algodón (*Gossypum spp.*) pimentón (*Capasicum annum*), yuca (*Manihot esculenta*), lechuga (*Lactuca sativa*), uva (*Vitis vinífera*), zapallo (*Cucurbita máxima*), sandía (*Citrullus lanatus*), col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), entre otros (Morales, 2006). Para Perú,

Zegarra *et al.* (2003) reportaron que en toda la costa peruana *Bemisia tabaci* biotipo B, es la especie predominante de mosca blanca presente en un amplio rango de hospederos.

Esta especie causa daños directos e indirectos. El daño directo se da al extraer grandes cantidades de savia de las plantas, lo que reduce el vigor de éstas y afecta la producción. Los daños indirectos los causa de 3 clases: el primero por la secreción de sustancias azucaradas sobre las hojas donde se desarrolla el hongo de la fumagina lo que reduce la capacidad fotosintética de éstas; el segundo, es que la saliva de las ninfas induce desórdenes fisiológicos en algunas plantas cultivadas como el zapallo (“hoja plateada”), brócoli (etiolado de ramas), zanahoria (reduce desarrollo radicular), tomate (maduración irregular de los frutos) y el tercero es por la transmisión de virus de plantas por los adultos, que es el daño más importante de la mosca blanca (Valencia, 2000). Los principales virus que transmite son begomovirus (Geminiviridae: Begomovirus) como el *sweetpotato, and tomato leaf curl viruses*, y *cassava and bean mosaic viruses*, Crinivirus (Familia: Closteroviridae) como the *sweetpotato chlorotic stunt virus (SPCSV)*, y *tomato chlorosis viruses*, Ipomovirus (Familia: Potyviridae), como *cassava brown streak viruses* y *Sweet potato mild mottle virus* y Carlavirus (Familia: Betaflexiviridae) como *Cowpea mild mottle virus (CPMMV)* que causa síntomas de ampollas y clorosis general de plantas de frijol. Los síntomas de la planta no son a menudo suficiente para confirmar la presencia de una especie de mosca blanca particular, por lo tanto, el uso de estudios moleculares y/o morfológicas del cuarto instar o "pupa" son necesarios para confirmar la identificación de la especie. (Valencia, 2000; Fuentes, 2006; Gamarra *et al.* 2010).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 LUGAR**

El presente trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de Virología y Entomología del Centro Internacional de la Papa, localizado en el distrito de La Molina, Lima - Perú. (L.S 12°05', L.O 76°57'; 240 m.s.n.m).

#### **3.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE**

La identificación y determinación del estatus taxonómico del parasitoide fue realizado por el Entomólogo Dr. Gregory Evans (USDA/APHIS/PPQ c/o Systematic Entomology Laboratory.) en Estados Unidos, quién determinó que el insecto en estudio corresponde a *Encarsia tabacivora*.

#### **3.3 MATERIALES**

##### **3.3.1 MATERIAL BIOLÓGICO**

- Colonia masal de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B, (Hemíptera: Aleyrodidae).
- Plantas de camote, *Ipomoea batatas* L. var. 'costanero'.
- Colonia masal de *Encarsia tabacivora* (Himenóptera: Aphelinidae).

##### **3.3.2 MATERIAL DE VIDRIO**

Tubos folines de 3 cm de largo por 0.7 cm de diámetro, viales de 15 ml, porta y cubre objetos, viales de 5 ml para almacenamiento de muestras.

### **3.3.3 MATERIAL DE PLÁSTICO**

Vasos de 1L y 0.5L con tapa de material polipropileno (PP), placas Petri, Parafilm®, aspirador de insectos, Jaulas de crianza (material acrílico) con dos mangas laterales de 30 x 30 x 35cm., macetas de 5” de diámetro.

### **3.3.4 MATERIAL DE MADERA**

Jaulas de crianza de dos mangas de 76.5 x 41 x 52 cm (largo, ancho y alto, respectivamente).

### **3.3.5 MATERIAL PARA ELABORACIÓN DE MICROPREPARADOS**

Lactofenol (Fenol, ácido láctico), ácido acético glacial, aceite de clavo, bálsamo de Canadá, xilol, alcohol al 70% y 96%, fucsina ácida, agua destilada, hornilla eléctrica y estiletes.

### **3.3.6 EQUIPOS**

Cámaras bioclimáticas de temperatura controlada marca BIOTRON Modelo LH-220 N, microscopio estereoscopio marca OLYMPUS Modelo SZX-7, microscopio marca OLYMPUS Modelo CX41 RF-5, ocular micrométrico, termo-higrómetro marca HOBO® Modelo U12-012, cámara fotográfica digital marca OLYMPUS Modelo EVOLT E 330, computadora Laptop marca TOSHIBA modelo L645, regla micrométrica de 1 mm, lámparas.

### **3.3.7 OTROS**

Papel toalla, algodón, gradillas de tecnopor, sacabocado, mechero, pistola y barras de silicona, tela organza, bolsas de papel kraft, pincel, pinzas, plumón indeleble, estiletes, bisturí, miel de abeja, lejía, detergente, engrampadora y grapas de madera,

mechero, fósforo, tijera, tierra preparada y desinfectada, cinta de embalaje, cinta masking tape, chinches, lápiz, tajador, borrador, lapicero, regla, hojas y folders.

### **3.4 METODOLOGÍA**

#### **3.4.1 CRIANZA MASAL DEL HOSPEDERO *B. tabaci* BIOTIPO B**

Los adultos de *Bemisia tabaci* biotipo B, empleados en este estudio fueron obtenidos de la crianza masal sobre plantas de camote (*I. batatas*), var. ‘costanero’ mantenido en el Centro Internacional de la Papa, acondicionados en jaulas de madera con dos mangas y mantenidas en invernadero bajo condiciones controladas a temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $77\% \pm 4\%$  HR y 12L: 12O de fotoperiodo (Figura 2D). El procedimiento de crianza se detalla a continuación:

Se instaló 4 jaulas de madera de dos mangas, en cada jaula se colocó 6 macetas conteniendo 2 plantas de camote y cada planta conformada de 4-6 hojas/planta para la multiplicación de adultos de la mosca blanca. Estas macetas fueron cambiadas cada 20 días, con el objetivo de mantener una alta población de mosca y grupos de estados homogéneos (Figuras 2B y 2C).

Por otro lado, también se acondicionó hojas de camote en viales de 15 ml con agua para su enraizamiento, luego de 7 días fueron expuestos a la crianza masal por 24 horas, transcurrido este tiempo, las hojas de camote fueron retiradas y llevadas a otra jaula libre de insectos para permitir la incubación de los huevos de la mosca blanca y el desarrollo de las ninfas hasta que alcanzaran el inicio del cuarto estadio ninfal (Figuras 2A y 2B). Este procedimiento fue repetido cada 2 días y en paralelo a los demás experimentos con el fin de obtener el estadio ninfal adecuado para el desarrollo de las diferentes pruebas.



**Figura 2. Metodología de la crianza masal de *B. tabaci* biotipo B.** (A) Propagación de plantas de camote (var. ‘costanero’) y acondicionamiento de hojas para su enraizamiento. (B) Infestación de hojas de camote con mosca blanca. (C) Jaula de crianza masal de *B. tabaci* biotipo B. (D) Invernadero para la crianza masal de *B. tabaci* biotipo B.



### 3.4.2 ESTABLECIMIENTO DE LA CRIANZA DEL PARASITOIDE *E. tabacivora*

#### Colecta de pupas parasitas en campo:

Para el inicio de esta investigación se colectaron las muestras a partir de hojas de camote infestadas con ninfas de mosca blanca que pudieran estar parasitadas, para ello se visitó diferentes campos de cultivos de camote en la provincia de Cañete, Departamento de Lima a 40 m.s.n.m, con la asesoría de Armando Canales (SENASA) y Heidy Gamarra (CIP).

Las hojas de camote colectadas fueron colocadas en bolsas de papel kraft y se rotularon los datos correspondientes al lugar de colecta (Figura 3A) para ser transportados a la ciudad de Lima, a los laboratorios de Virología del Centro Internacional de la Papa. Las localidades visitadas fueron las siguientes:

**Tabla 4: Lugares de colecta de pupas de mosca blanca parasitadas.**

<b>Distrito</b>	<b>Localidades</b>
San Vicente de Cañete	Carretera Panamericana Sur y Playa Hermosa
Quilmaná	Puente Negro y La Quebrada
Imperial	Los Compradores

FUENTE: Elaboración propia.

#### Recuperación de adultos:

Se colocaron las hojas de camote en jaulas de crianza de plástico acrílico con dos mangas, separados de acuerdo al lugar de procedencia (Figura 3B). Al día siguiente se inició la recuperación de adultos. La colecta de adultos se realizó utilizando pequeños folines de vidrio para facilitar el traslado a nuevas jaulas de crianza acondicionadas con hojas de camote infestadas con ninfas de mosca blanca y tiras de plástico auto sellante parafilm con pinceladas de una solución de miel y agua (1:2) para su alimentación. Las primeras generaciones de adultos fueron mantenidas en cuartos de crianza a temperatura

controlada de 25°C, utilizando *B. tabaci* biotipo B como insecto hospedero, luego progresivamente se fue bajando la temperatura hasta llegar a 20°C (Figuras 3C y 3F).

#### Separación de morfotipos:

Para la separación de morfotipos se elaboró pequeñas jaulitas de crianza con envases de polipropileno transparente con tapa de 1 lt de capacidad, los cuales fueron utilizados en forma invertida, siendo la base, la tapa. Estos envases se acondicionaron de la siguiente manera: En la pared central se perforó 2 orificios (opuestos) de 5 cm de diámetro, los cuales se cubrieron con tela organza (para facilitar la aireación), así mismo, en uno de los lados se colocó un algodón húmedo para mantener el nivel de humedad en el interior. En el piso se perforó un segundo orificio de 2 cm de diámetro, dónde se introdujo un vial de vidrio de 15 ml y se colocó hojas de camote infestados con mosca blanca. Adicionalmente, en la pared superior se perforó otros 2 orificios (opuestos) de 0.5 cm de diámetro para facilitar la introducción de los folines conteniendo adultos del parasitoide (Figura 3E y 4).

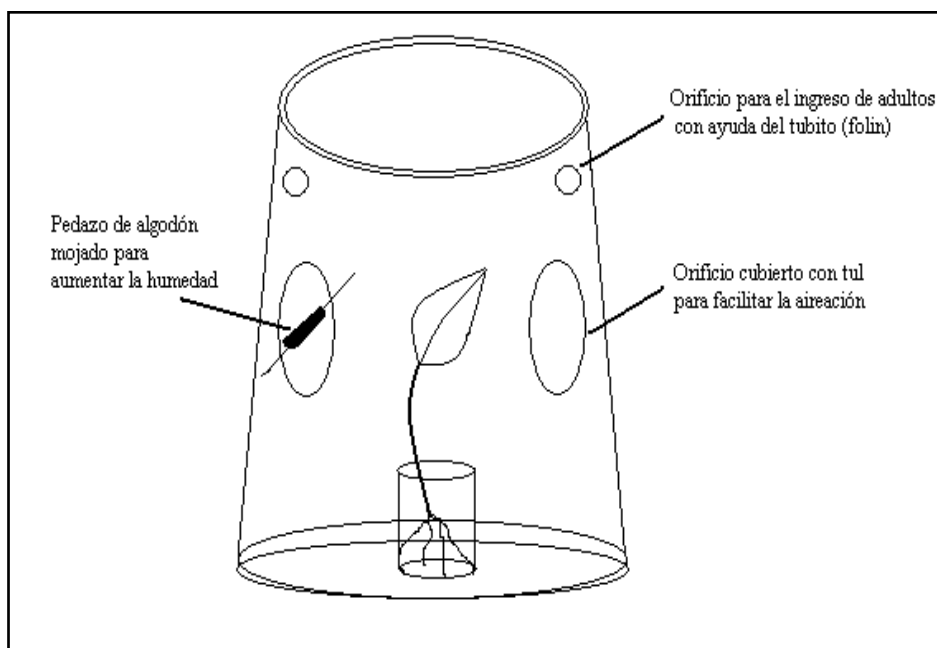
La crianza para separación de morfotipos se realizó a temperatura de 20°C a partir de los individuos de la segunda generación (2G), para ello se separó a aquellos adultos que tenían características similares para ser instalados en las jaulitas de crianza. Se colocó una hoja de camote con ninfas de mosca blanca de tercer y cuarto estadio ninfal y 5 parasitoides. Las hojas de camote fueron cambiadas cada 5 días para evitar el hiperparasitismo y fueron colocadas en nuevos envases de crianza. A la emergencia de una nueva generación se siguió separando individuos con morfotipos similares hasta tener una población homogénea. Parte de esta población homogénea fue enviado a identificar al Dr. Gregory Evans (USDA/APHIS/PPQ) correspondiendo a la especie *E. tabacivora*.

Crianza masal de *E. tabacivora*:

Se acondicionaron 6 jaulas de plástico acrílico con dos mangas, donde se colocó 10 viales grandes con hojas de camote infestadas de ninfas de mosca blanca de tercer y cuarto estadio ninfal, luego se ingresó los adultos. Cada 10-15 días se tuvo que hacer un cambio de las hojas con ninfas de mosca blanca para renovar el material de infestación y evitar el hiperparasitismo de esta especie. Además, se adecuaron tiras de parafilm bañadas con una solución de miel y agua en proporción 1:2 para la alimentación de los adultos (Figuras 3D y 3F).



**Figura 3. Metodología de la colecta en campo y tamizado de morfotipos de *Encarsia sp.*** (A) Colecta en campo de ninfas de mosca blanca parasitadas. (B) Instalación del material colectado en jaulas de crianza. (C) Colecta de parasitoides adultos. (D) Crianza masal. (E) Instalación de jaulitas para separación de morfotipos. (F) Instalación de la crianza masal.



**Figura 4. Envase de polipropileno de 1 lt adaptado para la crianza de *E. tabacivora*.**

### **3.4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS ESTADOS INMADUROS DE *E. tabacivora***

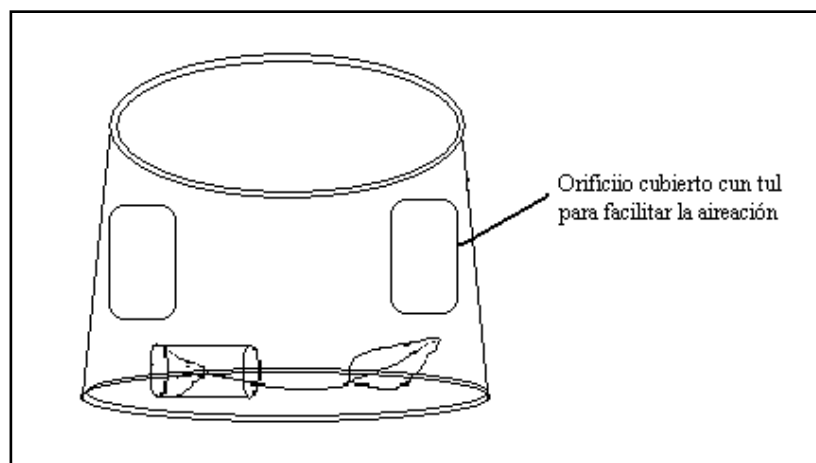
Para este ensayo se instaló 6 envases de polipropileno con hojas de camote infestado con ninfas de *B. tabaci* biotipo B y se expusieron a 10 parasitoides (colectados al azar de la crianza masal) por un tiempo de 6 horas para facilitar el parasitismo, luego del cual se retiraron los parasitoides. Esta prueba fue mantenida a 20°C y 70% HR.

Diariamente se colectaron 30 ninfas parasitadas y con el microscopio se hizo la disección y obtención de los estados inmaduros; cada ninfa de mosca blanca fue disectada en una gota de fucsina ácida diluida en agua destilada (proporción 3:1) sobre una porta objeto. Se anotó el estado de desarrollo, el día, algunas observaciones correspondientes a su morfología y se tomaron registros fotográficos de cada estado de desarrollo, luego estas imágenes fueron procesadas y medidas utilizando el programa ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij>). Se tomaron medidas de: largo y ancho del cuerpo, ancho de la cabeza y largo de la cola del primer estadio larval. Por otro lado, las muestras más representativas y en mejores condiciones de cada estadio fueron montadas en porta y cubre objetos con bálsamo de Canadá, siguiendo la técnica propuesta por Noyes (1982), para ser mantenidas y almacenadas.

### 3.4.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LAS TABLAS DE VIDA DE *E. tabacivora*

Las evaluaciones de las tablas de vida fueron conducidas dentro de cámaras bioclimáticas a temperaturas constantes de 10, 12.5, 15, 18, 20, 25, 30 y 35°C, 60 a 70% de HR y fotoperiodo de 12L: 12O.

Para ello, se preparó varios envases de polipropileno con tapa de 1 lt de capacidad, similares a los que se usó para la separación de morfotipos, (Figura 4) y otros envases de polipropileno con tapa de 0.5 lt de capacidad acondicionados con dos agujeros rectangulares de 5 cm a los costados y cubiertos con tela organza (Figura 5).



**Figura 5. Envase de polipropileno de 0.5 lt para recuperación de adultos de *E. tabacivora*.**

Elegida la temperatura a estudiar, las evaluaciones se realizaron diariamente, utilizando la siguiente metodología (Figura 6 A-G):

- El experimento inició con 5 envases de 1 lt (acondicionados con una hoja de camote infestada con ninfas de mosca blanca de tercer y cuarto estadio ninfal, preparada en un vial), donde se liberaron 10 parasitoides adultos colectados al azar de la crianza masal.
- Cada hoja infestada fue expuesta por 6 horas a temperatura de 25°C para permitir que los parasitoides coloquen sus huevos en las ninfas del hospedero.

- Terminado el tiempo, con un aspirador se retiraron los parasitoides y con ayuda del microscopio estereoscopio se enumeró 50 ninfas (10 en cada hoja), luego se rotuló el envase (nombre del parasitoide, número de envase, fecha y temperatura de evaluación) y se instaló en las cámaras bioclimáticas.
- A partir del día siguiente y con ayuda del microscopio estereoscopio, se procedió a hacer seguimiento a las ninfas enumeradas y evaluar el cambio de estado hasta la melanización de la pupa, momento en que se procedió a individualizarlos en tubos de vidrio hasta la emergencia del adulto.
- Emergido el adulto, fue individualizado en un nuevo envase de 1 lt acondicionado con una hoja de camote infestada con ninfas de mosca blanca y rotulado.
- A partir de ese día, las hojas infestadas expuestas al parasitoide adulto, fueron removidas diariamente y reemplazadas por nuevas hojas infestadas, este procedimiento se repitió hasta la muerte del insecto.
- Las hojas retiradas se colocaron en envases de 0.5 lt, que fueron rotulados y trasladados a un cuarto de crianza acondicionado a 20°C para el desarrollo de los parasitoides de la siguiente generación.
- Luego de 20 días del primer cambio, se inició la contabilización y registro del número de ninfas parasitadas/hojas, el cual se consideró como la oviposición diaria.
- Terminado cada evaluación, se regresaron los envases a la cámara bioclimática con la temperatura en estudio.
- Finalmente, los datos obtenidos fueron registrados en un archivo de Excel para ser procesados por el *software* ILCYM.

Diariamente tomaron datos en un formato de tabla de vida como: día de cambio de estado, día de emergencia del adulto, sexo, número de ninfas parasitadas y día de la muerte del insecto.



**Figura 6. Metodología de evaluación de las tablas de vida de *E. tabacivora*.** (A) Preparación de hojas infestadas con ninfas de mosca blanca. (B) Exposición de la plaga al parasitoide. (C) Evaluaciones diarias del desarrollo de los parasitoides. (D) Ninfas marcadas. (E) Proceso de individualización de pupas del parasitoide. (F) Parasitoide individualizado en un folin para ser llevado a la cámara bioclimática de crecimiento.



#### **3.4.4.1 Período huevo - larval, tiempo y tasa de desarrollo, y establecimiento de modelos**

Se contaron y marcaron 50 ninfas de mosca blanca parasitadas y se instalaron en las cámaras bioclimáticas a la temperatura constante en estudio (10, 12.5, 15, 18, 20, 25, 30 y 35°C) (Figura 6D). Diariamente se evaluó cada individuo para determinar el período de huevo-larva, la evaluación se realizó hasta la formación de la pupa o hasta que la ninfa hospedante colapsó, lo que significaba que el parasitoide también colapsó (Figura 6).

Los datos obtenidos de las tablas de vida a 15, 18, 20, 25 y 30°C fueron introducidos al *software* ILCYM (Versión 3.0) y con ello se pudo calcular el tiempo de desarrollo y la tasa de desarrollo, estableciéndose un modelo para el estado de desarrollo huevo-larval. Con los datos registrados se obtuvo la frecuencia de desarrollo de los insectos, cuyo estado fenológico duró hasta el cambio al siguiente estado. No se consideró en el análisis los datos a 10 y 35°C, porque a estas temperaturas no hubo desarrollo completo, ni la temperatura de 12.5°C porque no se obtuvo oviposición, para esta temperatura solo se realizó el análisis estadístico.

Así mismo, es preciso mencionar que no se hizo un seguimiento estricto del número de días que demoró el desarrollo de huevo a larva, ya que *E. tabacivora* es un endoparasitoide y no se puede observar con detalle estos estadíos sin matar el huésped, sin embargo, paralelo a la evaluación y seguimiento de los 50 individuos, diariamente se disectó otras 25 ninfas parasitadas, para diferenciar entre los estados y estadíos que atraviesa el parasitoide. Esto se realizó con ayuda del microscopio estereoscópico, trabajando las muestras en gotas de fucsina ácida diluida con agua destilada (proporción 3:1) sobre una porta objeto.

#### **3.4.4.2 Período pupal, tiempo y tasa de desarrollo y establecimiento de modelos**

Se consideró a todos los individuos del estado anterior (huevo-larva) que llegaron al estado de pupa. Cuando las pupas se tornaron a una coloración oscura, fueron individualizados en viales de vidrio de 15 ml y colocados en bandejas de plástico con una base de algodón húmedo, hasta que el 100% de los adultos emergió (Figuras 6E

y F). Para el establecimiento de los mejores modelos se utilizó los mismos métodos explicados anteriormente.

#### **3.4.4.3 Mortalidad de los estados inmaduros y establecimiento de los modelos para esta variable**

Para determinar la mortalidad, se contabilizaron los individuos que no lograron pasar al estado siguiente. La mortalidad de los estados huevo y larva se evaluó en forma conjunta y se tuvo en cuenta el total de insectos que desde huevo no se transformaron en pupas, para el estado de pupa se contaron aquellos individuos que no lograron pasar al estado adulto. Las mortalidades se expresan en porcentajes.

#### **3.4.4.4 Período de longevidad de los adultos y establecimiento de un modelo para el tiempo y tasa de senescencia**

Para la longevidad, se consideró la emergencia de los adultos en estudio, estos, fueron colocados en un envase transparente de polipropileno de 1 lt (Figura 4) con hojas de camote infestadas con 150 a 200 ninfas de mosca blanca de tercer y cuarto estadio ninfal.

La longevidad fue determinada contabilizando el número de días de vida de los parasitoides desde el día de emergencia hasta su muerte. Para el tiempo y tasa de senescencia, se utilizó los mismos métodos explicados anteriormente.

#### **3.4.4.5 Capacidad de reproducción y establecimiento de un modelo para la frecuencia de oviposición**

Para medir la capacidad de oviposición (fecundidad), a cada hembra se le expuso una hoja infestadas con ninfas de mosca blanca del tercer a cuarto estadio, las hojas fueron removidas cada 24 horas y reemplazadas por nuevas hojas infestadas con ninfas de la plaga hasta la muerte de la hembra. Las hojas parasitadas se colocaron en envases de polipropileno con tapa de 0.5 lt (Figura 5), rotulados y llevados a un cuarto de crianza a 20°C donde permanecieron hasta el desarrollo de las pupas. Luego de 20 días aproximadamente, se inició la contabilización y registro del número de ninfas de mosca

blanca parasitados/hojas, dato que se consideró como la oviposición diaria de la hembra.

A partir de estos datos, se pudo procesar la tasa de oviposición promedio diario, dividiendo la fecundidad total por la longevidad de la hembra (Faroni y García, 1992). También se procesó el periodo de oviposición que fue dividido en tres etapas: pre-oviposición, considerado como el tiempo comprendido desde la emergencia de la hembra adulta, hasta que esta pone su primer huevo; oviposición, que duró mientras la hembra puso sus huevos y la post-oviposición que fue el tiempo comprendido desde el día de la última puesta de huevos hasta la muerte del insecto.

Así mismo, se estableció el mejor modelo para la frecuencia de oviposición y se utilizó el mismo método explicado anteriormente.

#### **3.4.5 OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS**

Durante el desarrollo de los ensayos anteriores se realizaron observaciones sobre las características del proceso de emergencia de los parasitoides adultos, comportamientos de vuelo y oviposición.

#### **3.4.6 ANÁLISIS DE DATOS PARA EL MODELO FENOLÓGICO**

El Centro Internacional de la Papa, ha desarrollado un *software* llamado Insect Life Cycle Modelling (ILCYM), que es una herramienta que permite desarrollar y utilizar modelos fenológicos basados en la temperatura, y con los datos obtenidos de las tablas de vida, se podrá predecir el crecimiento potencial del enemigo natural en estudio (Sporleder *et al.* 2004, 2009).

El análisis de datos de la tabla de vida se realizó con el *software* ILCYM, esta herramienta contiene el programa estadístico R-2.15.1, el cuál sirvió para el desarrollo del modelo fenológico de *E. tabacivora* basado en la temperatura. De los 54 modelos

que contiene el *software*, se eligieron los que biológicamente representaron mejor las condiciones biológicas registradas en las tablas de vida. Luego con el mismo ILCYM, se realizó la simulación a diferentes condiciones de temperatura utilizando el modelo final elegido para el estado de desarrollo, longevidad y fecundidad. Se determinaron los parámetros poblacionales, se desarrolló el modelo de fenología y por último se determinó los parámetros para un conjunto de temperaturas fluctuantes para la validación del modelo.

### 3.4.7 PARÁMETROS DE LA TABLA DE VIDA DE *E. tabacivora*

Los resultados obtenidos fueron modelados mediante el *software* ILCYM, procesando los estados de desarrollo de: huevo-larva en conjunto, pupa y la longevidad del adulto. Se obtuvieron los siguientes parámetros: Tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ), Tasa de reproducción neta ( $R_0$ ), Tasa de crecimiento reproductivo (GRR), Tiempo de generación (GL o T), Tasa de crecimiento finito ( $\lambda$ ) y Tiempo doble (Dt).

Se eligió la simulación determinística, para ello, el *software* requirió:

- El número de insectos que fue de 50 (datos provenientes de la tabla de vida).
- El número de días correspondiente a un año (365).
- Temperaturas a simular (15, 18, 20, 25 y 30°C)

#### **Tasa de reproducción neta ( $R_0$ )**

Es el número de progeñe hembra (sobrevivientes en la generación  $x+1$ ), producida por una hembra de la generación  $x$  durante toda su vida. Tiene la siguiente fórmula:

$$R_0 = \sum m_x l_x$$

$l_x$ : probabilidad de supervivencia en el intervalo de edad  $x$ .

$m_x$ : promedio del número de progeñe hembra producido por una hembra en el intervalo de edad  $x$ .

### **Tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ )**

Es la capacidad de un individuo para reproducirse (asumiendo que la población posee un crecimiento exponencial) bajo condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa, luminosidad y presencia de alimento ilimitado. Es expresado en una tasa.

$$r_m = \ln(R_0)/T$$

### **Tasa de crecimiento finito ( $\lambda$ )**

Es la tasa que se debe multiplicar a una población inicial de hembras para obtener un número final de hembras en el tiempo t.

$$\lambda = e^{r_m t}$$

### **Tiempo de generación (T)**

Es el tiempo (días) entre el nacimiento de una generación, hasta el 50% de de la siguiente generación. Está dada por la siguiente fórmula:

$$T = (1/d_{\text{huevos}}) + (1/d_{\text{larva}}) + (1/d_{\text{pupa}}) + (1/S_{\text{hembras}}) * TN_{\text{hembras}}$$

Dónde:

$d_{\text{huevos}}$	:	Tasa de desarrollo de huevo
$d_{\text{larva}}$	:	Tasa de desarrollo de larva
$d_{\text{pupa}}$	:	Tasa de desarrollo de pupa
$S_{\text{hembras}}$	:	Tasa de senescencia de hembras
$TN_{\text{hembras}}$	:	Edad normalizada de las hembras hasta un 50% de oviposición

### **Tiempo doble (Dt)**

Es el número de días necesarios para que la población se duplique.

$$Dt = \ln(2) / r_m$$

### **Tasa de crecimiento reproductivo (GRR)**

Es el número total de huevos producidos por una hembra en toda su vida, medida en n°huevos/hembra/generación.

#### **3.4.8 VALIDACION DEL MODELO FENOLOGICO DE *E. tabacivora***

Para la validación del modelo fue necesario realizar una crianza a temperatura fluctuante, la cual fue realizada durante el año 2011, en el CIP – La Molina, Lima - Perú. La herramienta de validación de ILCYM permite la evaluación del modelo de fenología desarrollado, para reproducir el comportamiento de *E. tabacivora* bajo condiciones de temperatura fluctuante.

#### **3.4.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA TABLA DE VIDA DE *E. tabacivora***

Para el análisis de normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk; para la homogeneidad de variancias se utilizó las pruebas de Levene que es una modificación de la prueba robusta de Brown-Forsythe y Bartlett test; y la prueba estadística de Kruskal-Wallis para las comparaciones múltiples.

## IV. RESULTADOS

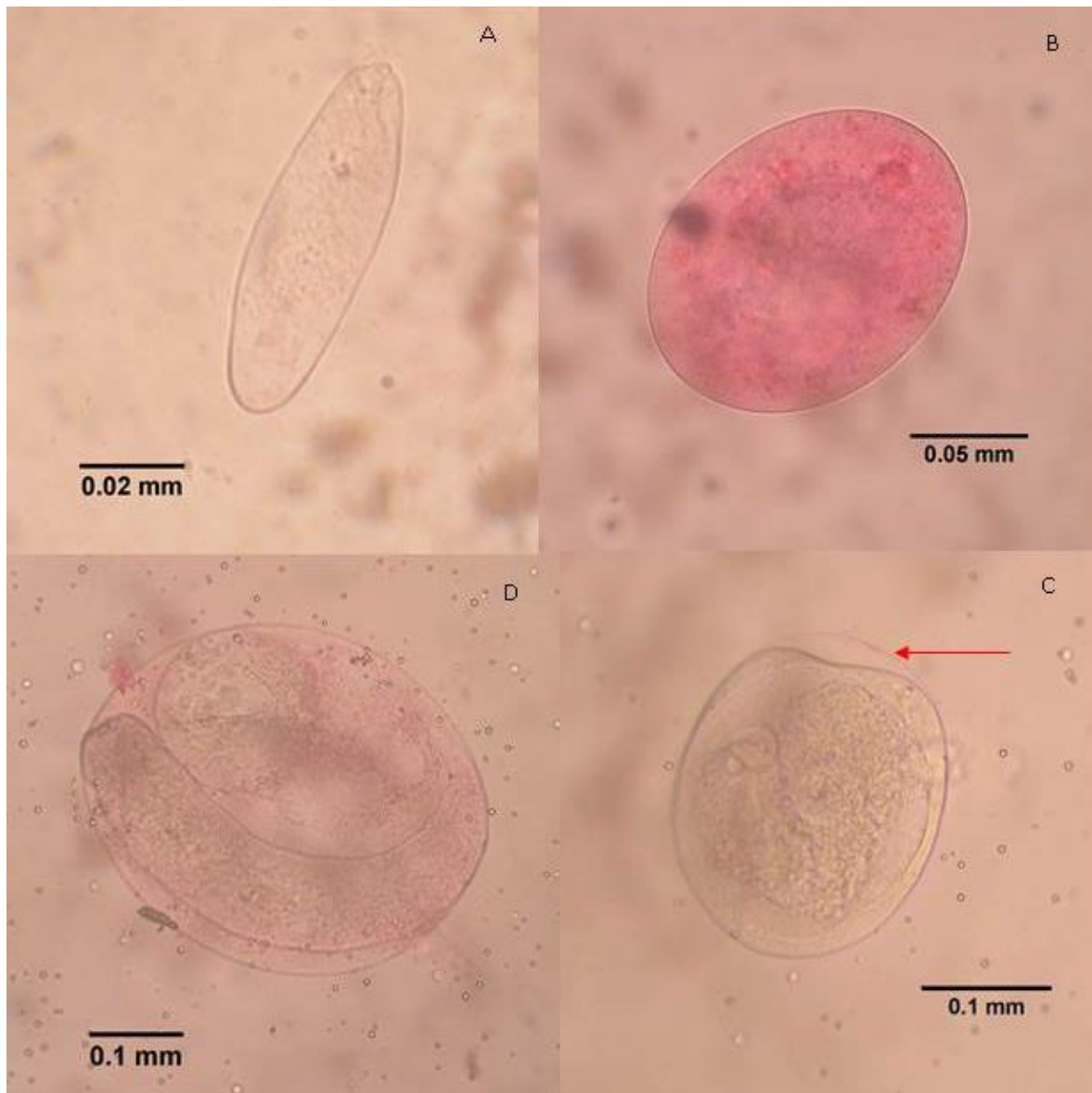
### 4.1 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS ESTADOS INMADUROS DE *Encarsia tabacivora*

*E. tabacivora* pasa por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. En la tabla 5 se presenta las mediciones del cuerpo y la descripción morfológica de cada estado inmaduro se presenta a continuación:

#### 4.1.1 Huevo

Los huevos recién colocados son alargados (Figura 7A), conforme avanzan las horas estos van tomando forma alargada-ovalada, redondeado anteriormente y posteriormente estrecho (Figura 7B). Su contenido interno es homogéneo y posteriormente se diferencia, presentando separación de capas de membranas hasta formar el embrión, por lo que su tamaño aumenta y adquiere la forma redondeada. El color es translúcido y hacia el final del desarrollo, se puede apreciar el proceso de formación del primer estadio larval (Figura 7C y D). Por su tamaño pequeño solo se puede observar a través del microscopio.

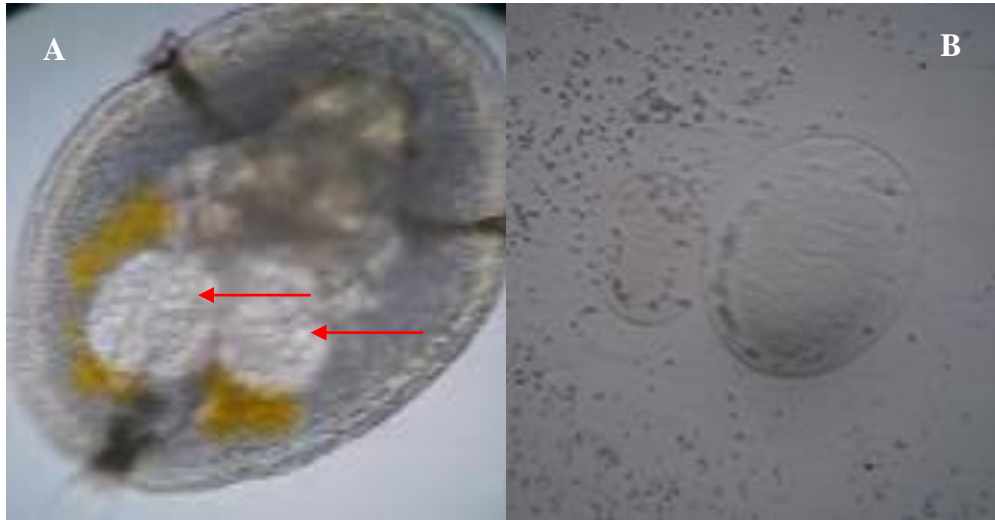
El huevo inicial de un día de desarrollo mide en promedio  $0.091 \pm 0.0037$  mm de largo y  $0.043 \pm 0.0021$  mm de ancho, el huevo intermedio (tercer día de desarrollo) mide en promedio  $0.157 \pm 0.004$  mm de largo y  $0.107 \pm 0.0037$  mm de ancho, mientras que poco antes de la eclosión triplica su largo inicial y casi sextuplica su ancho inicial, llegando a medir  $0.322 \pm 0.0098$  mm y  $0.254 \pm 0.0097$  mm respectivamente (Tabla 5). El desarrollo del huevo hasta el primer estadio larval se produjo en 5-6 días.



**Figura 7. Estado huevo de *E. tabacivora* a diferentes niveles de desarrollo:** (A) Huevo recién ovipositado de 1 día de vida, (B) Huevo intermedio (3 días de desarrollo) teñido con fucsina ácida diluida, (C) Huevo avanzado (5 días de desarrollo) con evidencias de separación del corion del embrión (flecha), (D) Huevo con proceso de formación de la larva.



Por otro lado, se pudo encontrar más de un huevo en el mismo hospedero claramente visibles al microscopio (Figura 8), demostrándose que *E. tabacivora* puede superparasitar a su hospedero.



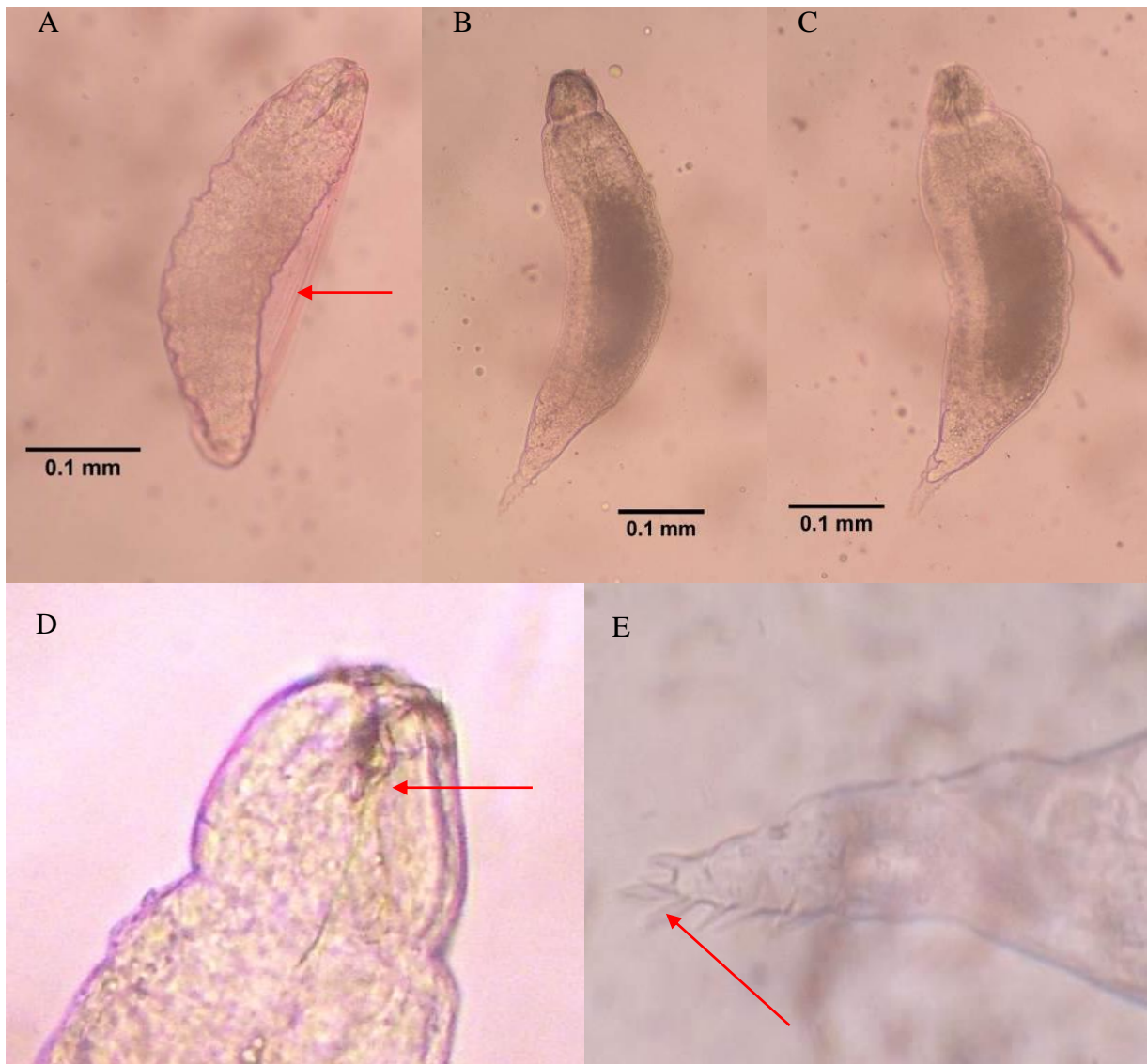
**Figura 8. Observaciones del estado huevo de *E. tabacivora*:** (A) Presencia de 2 huevos inmaduros en el abdomen de la mosca blanca, demostrando multiparasitismo, (B) Presencia de dos huevos luego de la disección de la ninfa de mosca blanca.

#### 4.1.2 Larva

La larva de *E. tabacivora* es de tipo himenopteriforme. Se establecieron 3 estadios larvales diferenciables por su morfología y tamaño.

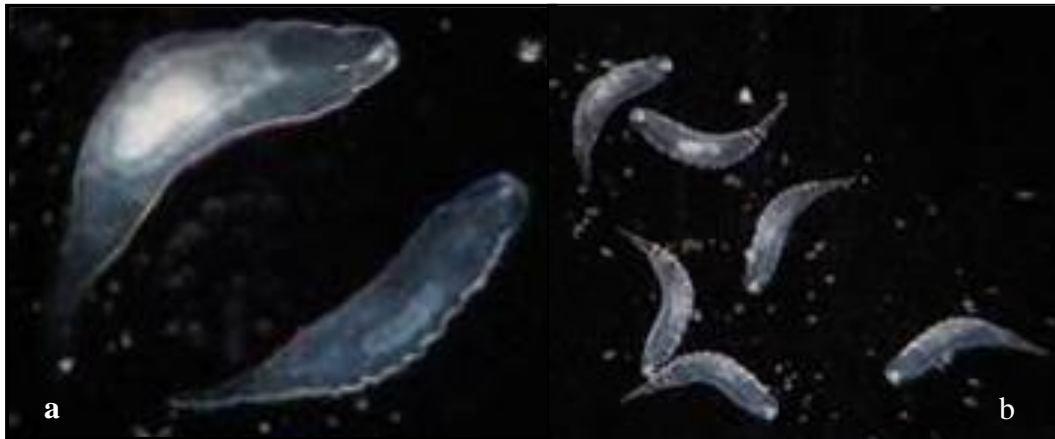
##### Primer estadio larval (larva I)

Los parasitoides del primer estadio larval son de cuerpo alargado y transparente, miden en promedio  $0.393 \pm 0.0091$  mm de largo y  $0.100 \pm 0.003$  mm de ancho (Figura 9A-C). Durante el desarrollo temprano, los segmentos no son claramente visibles, tampoco se distinguen los espiráculos respiratorios. La cápsula cefálica tiene forma triangular, todos los contornos son lisos, no se observa setas ni protuberancias, la cabeza mide  $0.055 \pm 0.0013$  mm de ancho, la mandíbula tiene forma de “C” la cual se encuentra en constante movimiento (Figura 9D). Presenta un apéndice caudal delgado, ligeramente alargado que mide  $0.045 \pm 0.0021$  mm y está provista de setas (Figura 9E). El tiempo de desarrollo del primero al segundo estadio fue 2 días.



**Figura 9. Primer estadio larval de *E. tabacivora*:** (A) Larva con rezagos de la cubierta del huevo, (B) Larva de un día de vida, (C) Larva preparándose para mudar al siguiente estadio larval, (D) Cápsula cefálica del primer estadio larval de forma ovalada (la flecha indica el aparato bucal), (E) Cola alargada con presencia de setas en la parte terminal (la flecha indica las setas), (E).

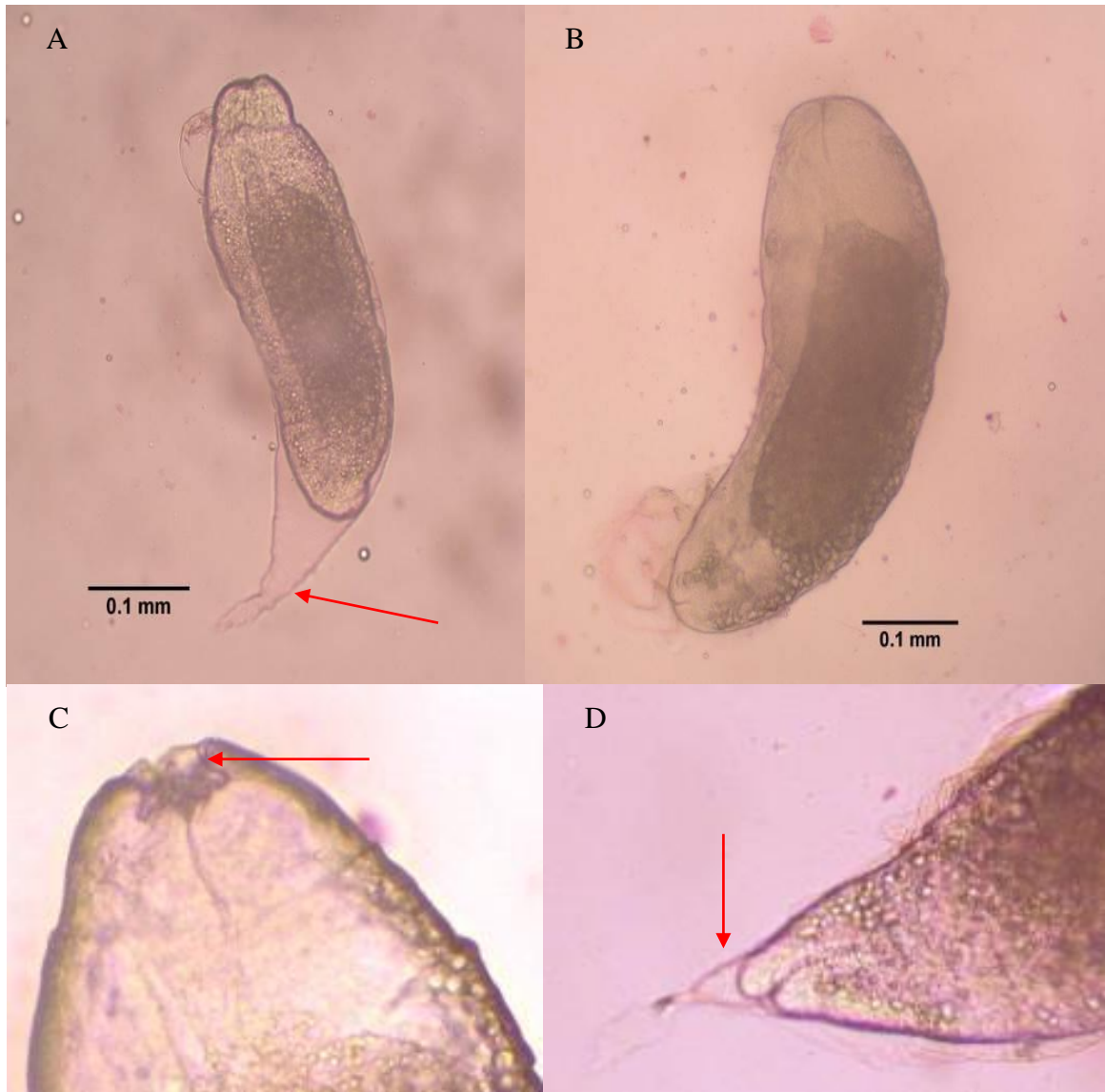
Más de un huevo y emergencia del primer estadio larval puede ocurrir en el mismo hospedero, sin embargo, sólo un individuo pasa al siguiente estadio, lo que evidenciaría la existencia de competencia intraespecífica depredándose entre ellas (Figura 10). Las larvas se observaron en constante movimiento dentro del fluido corporal del hospedero, sin embargo, cuando están próximas a mudar, reducen su movilidad y engrosan el tamaño de su cuerpo.



**Figura 10. Observaciones del primer estadio larval de *E. tabacivora*:** Presencia de más de una larva en un hospedero, evidenciando superparasitismo: (A) dos larvas, (B) seis larvas.

### Segundo estadio larval (larva II)

El segundo estadio larval es ápoda, elongada, más gruesa y ancha que el estadio anterior y semiarqueada en la posición ventral, mide  $0.456 \pm 0.0110$  mm de largo y  $0.157 \pm 0.0038$  mm de ancho. La larva II temprana presenta restos de la muda anterior que se observan ligeramente unidos a los últimos segmentos abdominales (Figura 11A). La superficie corporal es lisa y el cuerpo es blanquecino con contenido de color amarillo-parduzco a lo largo del cuerpo, producto del alimento ingerido. Aún no son distinguibles los espiráculos, pero sí parte del sistema traqueal (Figura 11B). La cápsula cefálica aumenta en tamaño, alcanzando  $0.085 \pm 0.0027$  mm de ancho (Figura 11C), su aparato bucal es perceptible; las mandíbulas y sistema digestivo se encuentra en continuo movimiento, succionando el contenido de su hospedero. El apéndice caudal se reduce notoriamente y con ello su motilidad (Figura 11D). El desarrollo del segundo al tercer estadio se produjo en 2 días.



**Figura 11. Segundo estadio larval de *E. tabacivora*:** (A) Larva II inmadura (la flecha indica los restos de muda), (B) Larvas II maduras, el cuerpo se ensancha y aumenta el tamaño de la cápsula cefálica, (C) Vista de la cápsula cefálica y aparato bucal; (D) Vista del apéndice caudal.

### Tercer estadio larval (larva III)

La larva III es muy similar al estadio anterior, pero más arqueada en la posición ventral. Presenta mayor tamaño, midiendo  $0.567 \pm 0.0055$  mm de largo y  $0.214 \pm 0.0055$  mm de ancho corporal (Figuras 12 y 14). El cuerpo sigue siendo liso, de color blanco cremoso con contenido intestinal amarillo-parduzco. Durante este estadio la larva consume todo el contenido del cuerpo del hospedero y es visible a través de la cutícula de la ninfa de *B. tabaci*. Terminado el período larval el parasitoide adquiere la misma posición que el hospedero y descarga el meconio (pequeños gránulos de color marrón oscuro) a lo largo del margen interior de la escama vacía del huésped (Figura 12 C y D). Por otro lado, se puede apreciar el sistema traqueal completamente desarrollado con 9 pares de espiráculos, los 2 primeros se ubican en los segmentos torácicos y los 7 restantes en los segmentos abdominales, aunque el segundo par de espiráculos del abdomen no se desarrolla completamente (Figura 13b<sub>1</sub>). Las larvas de tercer estadio completan su desarrollo en 2 días.



**Figura 12. Tercer estadio larval de *E. tabacivora*:** (A-B) Larva III inmadura y madura, (C-D) Ubicación de la larva en su hospedero y meconio del parasitoide.



**Figura 13. Larva II y III de *E. tabacivora* montados en bálsamo de Canadá:** (A) Diferencias entre larva II y III: (a) larva II, (b) larva III, b1: espiráculos de la larva III, (B) Detalle de la cápsula cefálica, mostrando el aparato bucal.

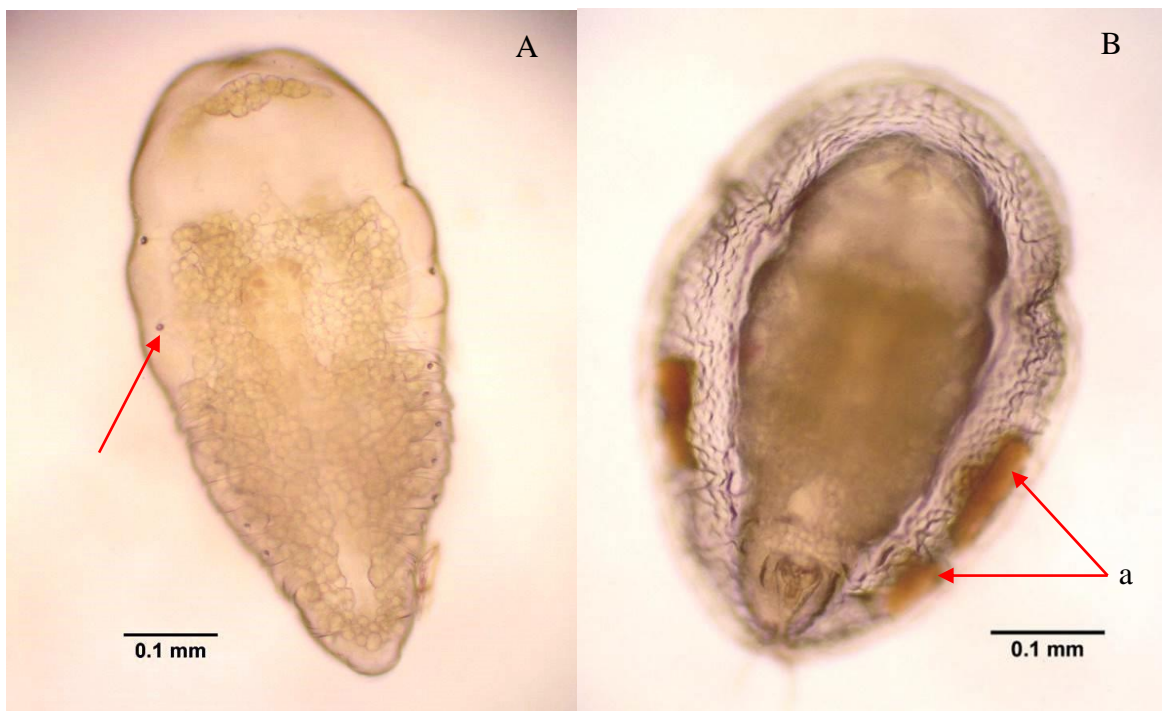


**Figura 14. Comparativo de forma y tamaño entre los 3 estadios larvales de *E. tabacivora*:** (a) Larva I, (b) Larva II, (c) Larva III.

### 4.1.3 Pupa

#### Prepupa

Las prepupas son de color blanco cremoso, los órganos internos ya no son visibles a través de la cutícula, pero los espiráculos si son apreciables (Figura 15A). Las prepupas son inmóviles, toman la misma ubicación que la ninfa de *B. tabaci* biotipo B, se observa dos grupos meconio a cada lado (Figura 15B). El tamaño del cuerpo es  $0.577 \pm 0.0252$  mm de largo y  $0.253 \pm 0.0103$  mm de ancho y completan el desarrollo en menos de 24 horas.



**Figura 15. Estadío de prepupa de *E. tabacivora*:** (A) Prepupa montado en bálsamo de Canadá (la flecha indica los espiráculos). (B) Vista de la prepupa a través de la ninfa de la mosca blanca, a cada lado se aprecian los gránulos de meconio (a).

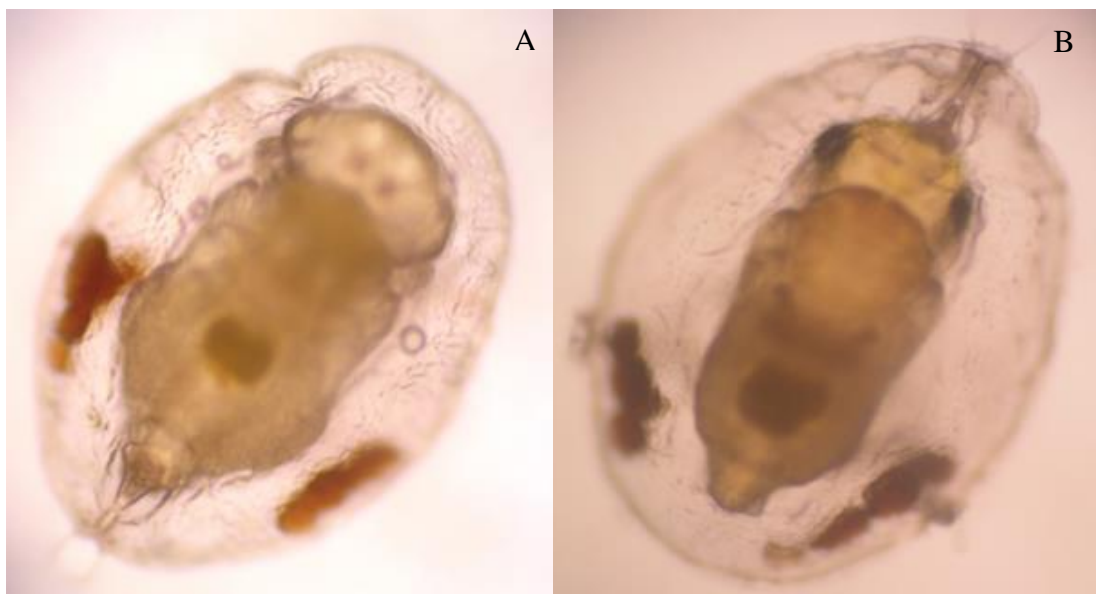
#### Pupa

La pupa es exarata, la envoltura del pupario es transparente, dejando ver el proceso del desarrollo, melanización y esclerotización. Su tamaño promedio es  $0.595 \pm 0.0025$  mm de largo y  $0.255 \pm 0.0061$  mm de ancho. Al inicio la pupa es blanda y de color blanquecino, se puede diferenciar la cabeza, los ojos compuestos rojizos, tórax y

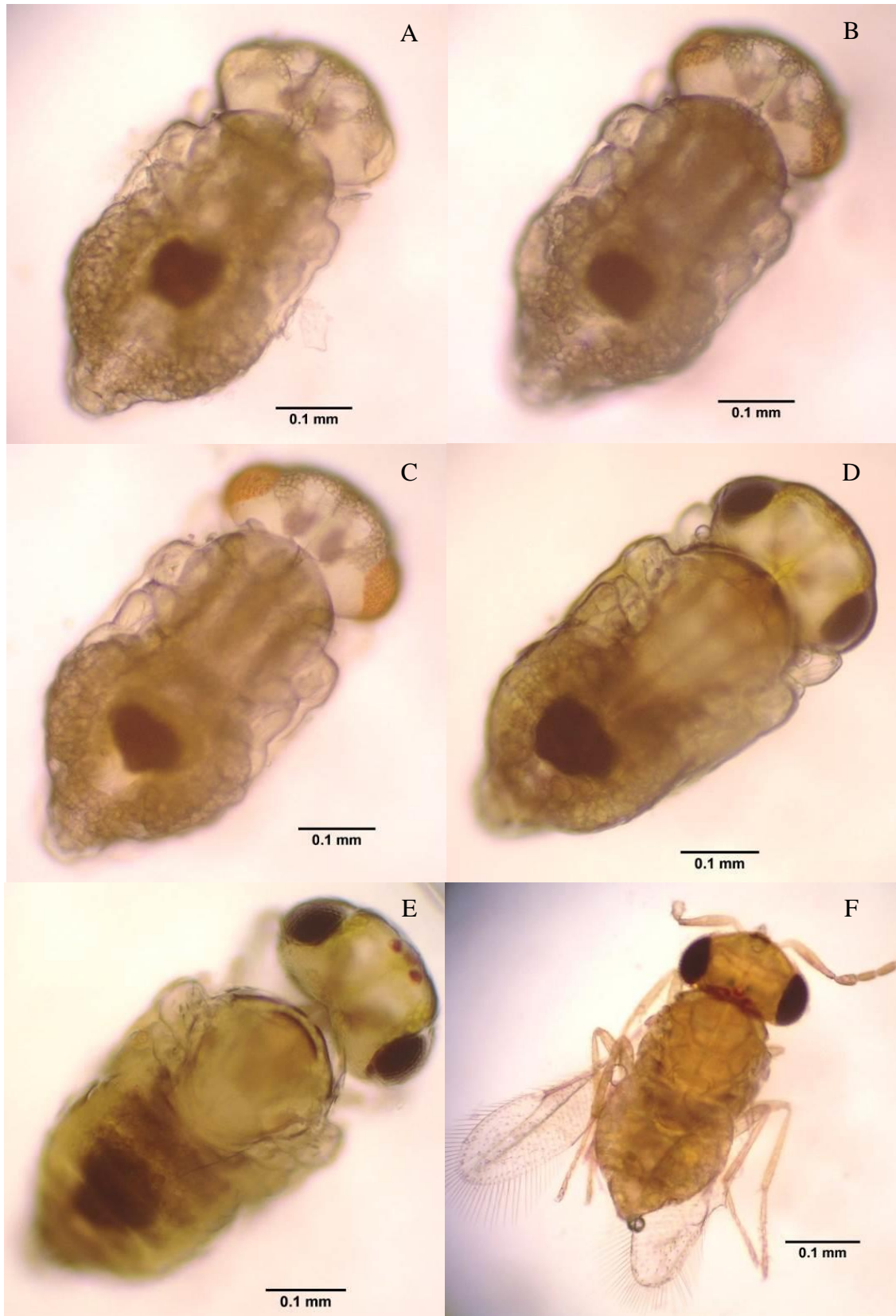


abdomen (Figura 18). En el desarrollo pupal avanzado, la cutícula se oscurece, tomando el color amarillo oscuro con franjas laterales marrón oscuro en el abdomen. La cabeza es redondeada y tiene  $0.248 \pm 0.0033$  mm en promedio de ancho, posee 3 ocelos en la posición frontal superior, ojos compuestos que cambian a color marrón oscuro, las piezas bucales completas toman la posición anterior ventral y las antenas están insertadas en la parte dorsal y están plegadas al stergum (Figura 19). El tórax es menos ancho que la cabeza, se insertan las alas en la posición lateral y se desarrollan plegadas al tergum, y los 3 pares de patas en la posición anterior. El abdomen tiene nueve segmentos, y puede observarse una masa oscura que corresponde al sistema digestivo. La esclerotización de la pupa es paulatina, tornándose la cutícula más dura y sólida hacia el final de este estado (Figura 17).

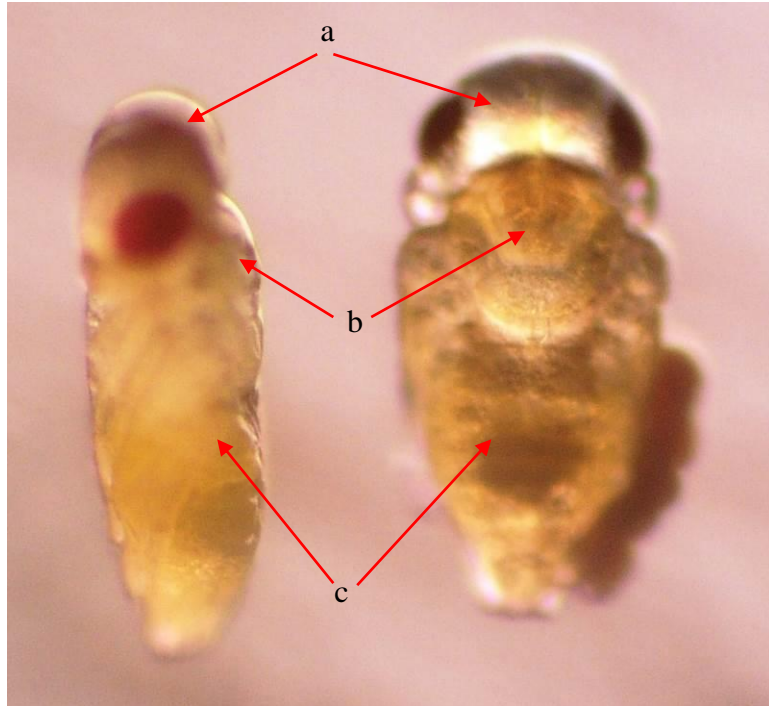
El estado pupa generalmente se desarrollan de la misma forma que la pupa de la mosca blanca, es decir la posición es de cara al vientre del huésped, dorsalmente visibles las antenas, ocelos, escudo y apéndices alares, pero en algunos casos podría tomar la posición inversa (Figura 16). Cuando están próximos a la emergencia, el nuevo adulto gira a una posición ventral para perforar un orificio irregular de salida en la parte dorso anterior del hospedero, donde son visibles la cara, sus apéndices y patas torácicas y abdomen por el lado ventral. Las pupas completan el desarrollo en 7 días.



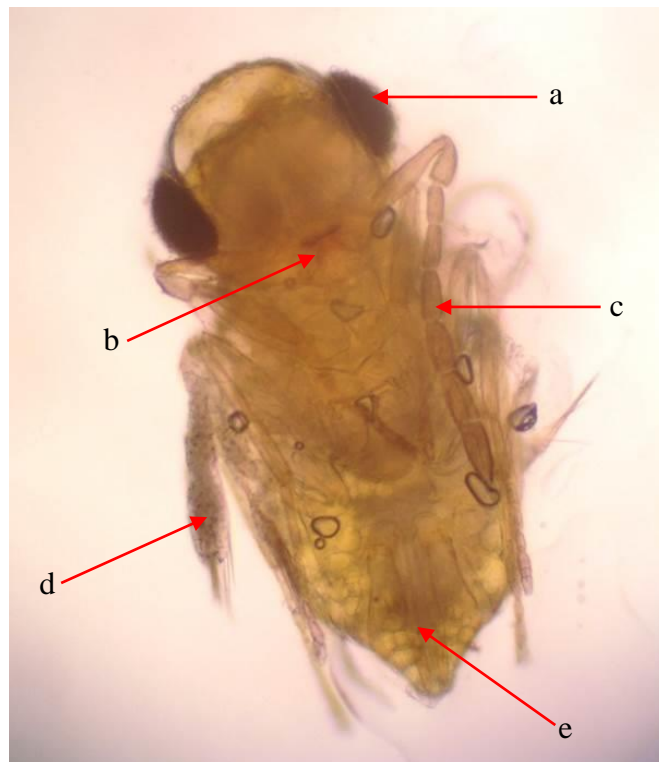
**Figura 16. Vista de la ubicación de la pupa de *E. tabacivora* a través de la ninfa de la mosca blanca (hospedero).**



**Figura 17. Proceso de melanización y esclerotización del estado de pupa de *E. tabacivora*: (A-F).**



**Figura 18. Vista lateral y dorsal de la pupa de *E. tabacivora*. Cabeza (a), tórax (b), abdomen (c)**



**Figura 19. Vista ventral de la pupa hembra de *E. tabacivora*: Ojos (a), aparato bucal (b), antenas (c), patas (d), ovipositor (e).**

**Tabla 5: Promedio de mediciones del largo y ancho del cuerpo de los estados inmaduros, del ancho de cabeza y largo de la cola de LI de *E. tabacivora* a 20°C y 70% HR.**

<b>Estado o estadio</b>	<b>n</b>	<b>Tiempo de duración (días)</b>	<b>Largo (mm) (X±EE)</b>	<b>Ancho (mm) (X±EE)</b>	<b>Ancho de Cabeza (mm) (X±EE)</b>	<b>Largo de cola (mm) (X±EE)</b>
Huevo inicial	31	2	0.091 ± 0.0037	0.043 ± 0.0021	-	-
Huevo intermedio	17	1.5	0.157 ± 0.0040	0.107 ± 0.0037	-	-
Huevo avanzado	32	2	0.322 ± 0.0098	0.254 ± 0.0097	-	-
LI	57	2	0.393 ± 0.0091	0.100 ± 0.003	0.055 ± 0.0013	0.045 ± 0.0021
LII	47	2	0.456 ± 0.0110	0.157 ± 0.0038	0.085 ± 0.0027	-
LIII	46	2	0.567 ± 0.0055	0.214 ± 0.0055	0.141 ± 0.0057	-
Prepupa	20	1	0.577 ± 0.0252	0.253 ± 0.0103	0.224 ± 0.0099	-
Pupa	39	7	0.595 ± 0.0025	0.255 ± 0.0061	0.248 ± 0.0033	-

LI: larva del estadio uno, LII: larva del estadio dos y LIII: larva del estadio tres.

## **4.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA BIOLOGIA DE *E. tabacivora***

Para el estudio de la influencia de la temperatura en la biología del parasitoide, se determinó el tiempo de desarrollo, la tasa de desarrollo y mortalidad de los estados inmaduros: huevo-larva y pupa, para el adulto se determinó la longevidad, tasa de senescencia y la capacidad de oviposición. Todas las curvas de tendencia fueron modelados con el *software* ILCYM a las temperaturas de 15, 18, 20, 25 y 30°C; 12.5°C no fue incluida porque a esta temperatura no se obtuvo datos de oviposición que pudieran modificar la simulación de los parámetros de tablas de vida, pero si fue incluida en los análisis estadísticos presentados más adelante.

### **4.2.1 DESARROLLO HUEVO-LARVAL Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS**

#### **4.2.1.1 Período de desarrollo de huevo-larva**

El tiempo de desarrollo fue afectado por la temperatura, la duración del desarrollo decreció con el aumento de la temperatura, resultando 12.5°C el tiempo más prolongado con 36.5 días y 30°C fue el tiempo más corto con 6.5 días, determinando que el período de desarrollo huevo-larval es inversamente proporcional al incremento de la temperatura.

Con la prueba estadística de Kruskal–Wallis ( $P < 0.05$ ), se encontró diferencias significativas entre todas las temperaturas evaluadas (Tabla 6, Figura 20). A las temperaturas extremas (10 y 35°C) no hubo desarrollo completo de larvas, ya que no se presentó eclosión visible de huevos, sin embargo, se pudo observar que algunas ninfas de mosca blanca se hincharon debido a la presencia de huevos del parasitoide en su huésped.

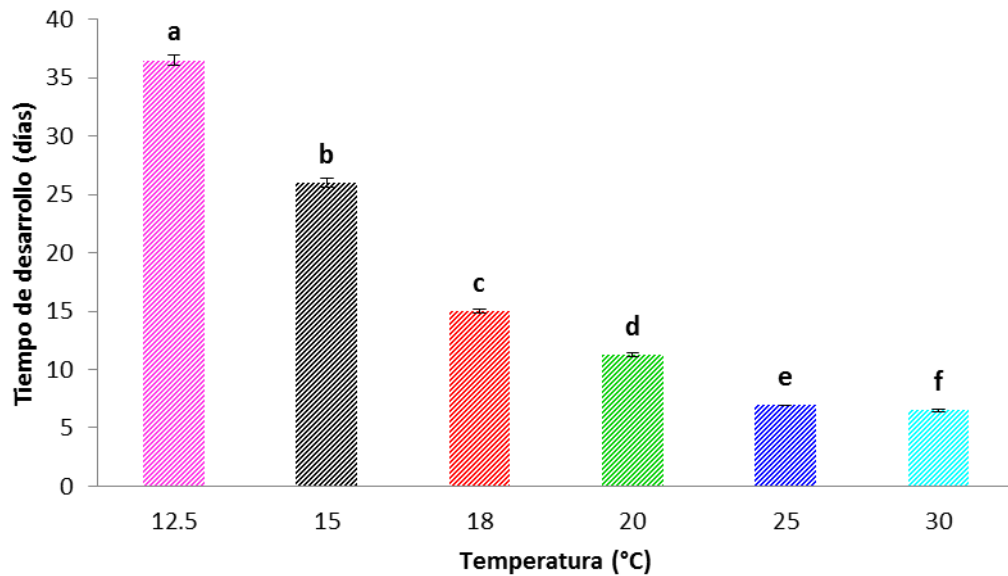
**Tabla 6: Tiempo de desarrollo conjunto de los estados huevo y larva de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	N	Tiempo de desarrollo (días) ( $\bar{X} \pm EE^{**}$ )	Rango (Min. – Máx.) (días)
10*	-	-	-
12.5	28	36.5 $\pm$ 0.43 a	32 - 42
15	38	26.0 $\pm$ 0.40 b	23 - 37
18	40	15.0 $\pm$ 0.16 c	14 - 18
20	49	11.3 $\pm$ 0.13 d	10 - 15
25	44	6.9 $\pm$ 0.04 e	6 - 7
30	38	6.5 $\pm$ 0.11 f	6 - 8
35*	-	-	-

Letras diferentes indican diferencias significativas entre promedios, prueba de Kruskal-Wallis (P<0.05)

\* Temperatura donde hubo desarrollo de huevos y algunas larvas, pero no llegaron al estado de pupa.

\*\*EE = Error estándar.



**Figura 20. Tiempo de desarrollo de huevo-larva (días) de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.** Las barras verticales representan el promedio de tiempo de desarrollo, las líneas verticales al error estándar, las letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Prueba de Kruskal – Wallis) (P<0.05).

#### 4.2.1.2 Modelos para el tiempo y tasa de desarrollo

El establecimiento de los modelos para los estados huevo y larva no se pudo evaluar por separado en el programa ILCYM, debido que no se pudo obtener la mortalidad para huevo en forma independiente por su condición de endoparásitoide.

Para el tiempo de desarrollo de los estados huevo-larva a lo largo del tiempo (Ln-días), se observó que, al aumentar la temperatura, disminuyó el tiempo de desarrollo de los valores observados y esperados en el rango de temperaturas evaluadas (Tabla 7). Las curvas de distribución de desarrollo de las temperaturas de 25 y 30°C aparecen muy juntas, debido a que existe una mínima diferencia en sus tiempos de desarrollo (1 día), a partir de 20°C las curvas se muestran más alejadas a cero en el eje “Y” y en orden decreciente hasta llegar a 15°C, donde el tiempo de desarrollo de huevo y larva fue mayor (Tabla 7, Figura 21). El modelo escogido para estos estados fue Logit, cuya pendiente común fue: 26.31, siendo significativas ( $P < 0.05$ ) (Anexo 1). La data de la temperatura de 12.5°C no fue completa (porque no hubo oviposición) al igual que en 10 y 35°C, por ello no fueron considerados en el modelo.

**Tabla 7: Tiempo de desarrollo observado y esperado conjunto de los estados huevo-larva de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.**

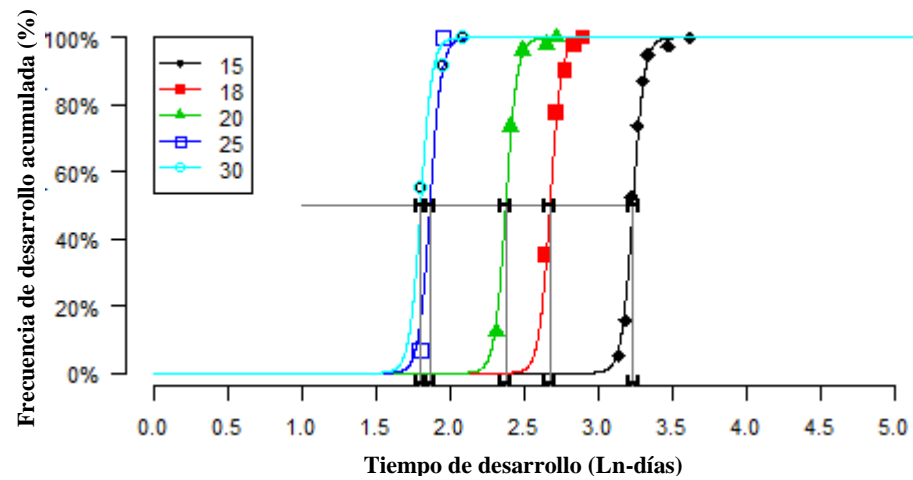
Temperatura (°C)	Observado (días)	Esperado (días)
10*	-	-
12.5*	-	-
15	25	25.18
18	15	14.40
20	11	10.68
25	7	6.40
30	6	6.01
35*	-	-

\* Temperaturas no modeladas en ILCYM.

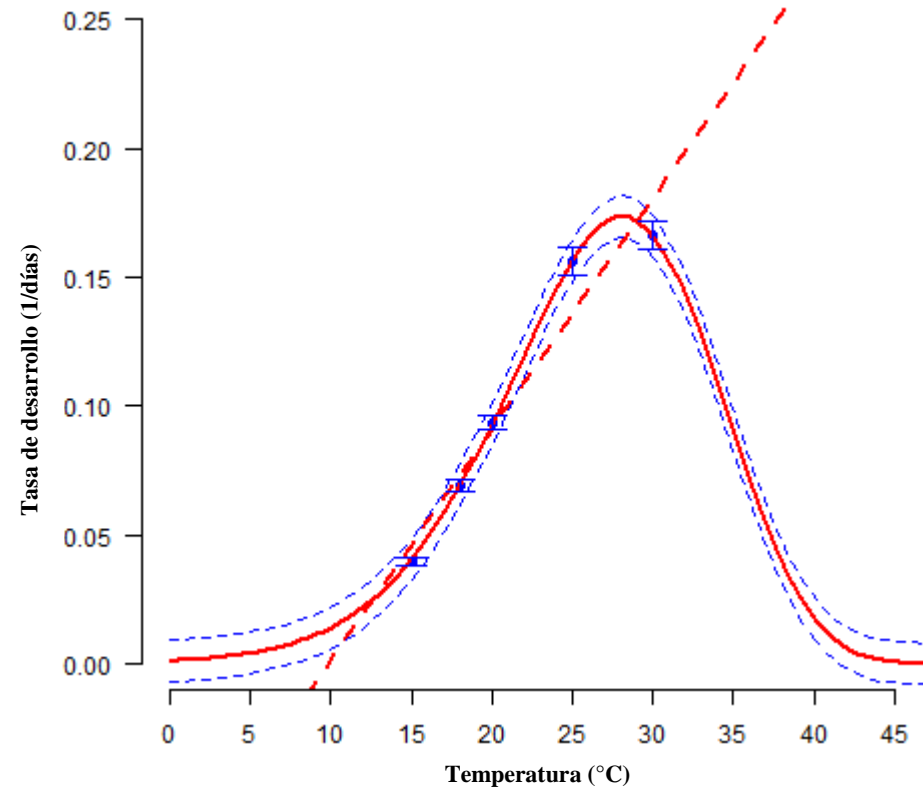
La tasa de desarrollo (1/días) de los estados conjuntos de huevo-larva con respecto a las temperaturas evaluadas, incrementó a medida que la temperatura aumentó hasta los 30°C, luego al seguir incrementando la temperatura (35°C) se observa un quiebre de la curva iniciando la disminución de la tasa de desarrollo, lo que indica que el insecto a esa temperatura fue afectado negativamente.

El modelo no lineal escogido para esta variable fue Tb Model (Figura 22, Anexo 3). Este modelo fue apropiado para describir el desarrollo dependiente de la temperatura entre 15 y 30°C, pues como se mencionó antes, a 10, 12.5 y 35°C no se obtuvo data completa.





**Figura 21.** Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (%) para los estados de huevo y larva de *E. tabacivora* según el modelo binomial logit. (Símbolos: son los datos observados; línea horizontal en el 50% del eje Y: indica que el 50% de la población pasa al estado pupa; las líneas verticales que se desprenden de esta indican el tiempo en que esto sucede).



**Figura 22.** Tasa de desarrollo (1/días) dependiente de la temperatura de los estados huevo y larva de *E. tabacivora* según el modelo Tb Model. (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predictiva por del modelo; líneas punteadas azules: límites de confianza; línea punteada roja: modelo lineal).

## 4.2.2 DESARROLLO DE PUPAS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS PARA EL TIEMPO Y TASA DE DESARROLLO

### 4.2.2.1 Período de desarrollo de pupal

El tiempo de desarrollo de las pupas también fue afectado por la temperatura, decreció con el aumento de la temperatura de 31 días (12.5°C) a 4.7 días (30°C), pero a 10 y 35°C no se obtuvo resultados debido a la muerte de las larvas antes de llegar a pupa. Al aplicar la prueba estadística de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ), se encontró diferencias significativas para todas las temperaturas evaluadas. (Tabla 8 y Figura 23).

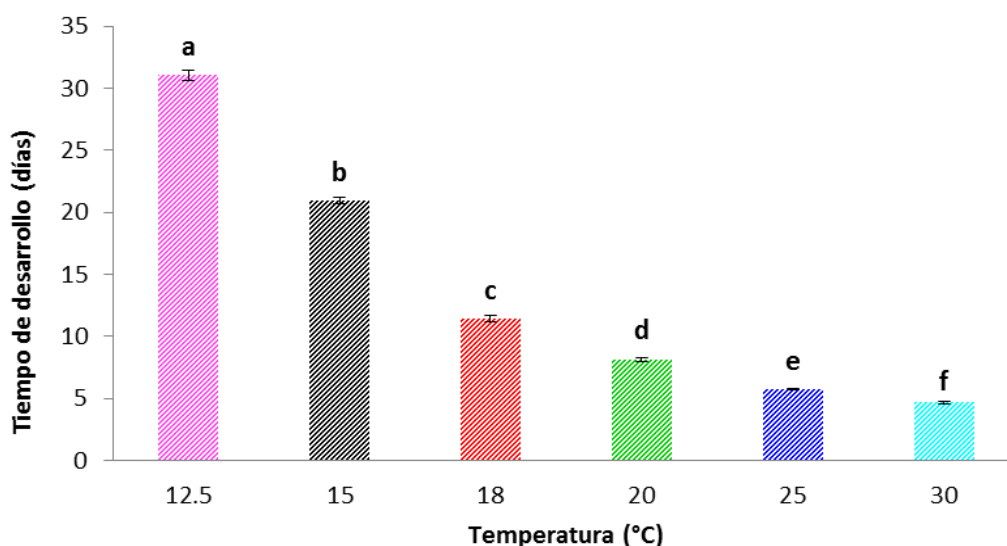
**Tabla 8: Duración promedio (días) del período pupal de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	N	Tiempo de desarrollo (días) ( $\bar{X} \pm EE^{**}$ )	Rango (Min. - Máx.) (días)
10*	-	-	-
12.5	21	31 $\pm$ 0.43 a	27 - 34
15	31	21 $\pm$ 0.28 b	19 - 28
18	36	11.4 $\pm$ 0.28 c	8 - 15
20	46	8.2 $\pm$ 0.15 d	7 - 13
25	43	5.7 $\pm$ 0.09 e	5 - 7
30	36	4.7 $\pm$ 0.10 f	4 - 6
35*	-	-	-

Letras diferentes indican diferencias significativas entre promedios, prueba de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ).

\* Temperatura donde las larvas no llegaron a estado pupa.

\*\*EE = Error estándar.



**Figura 23. Tiempo de desarrollo de pupa (días) de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.** Las barras verticales representan el promedio de tiempo de desarrollo, las líneas verticales al error estándar, las letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Prueba de Kruskal – Wallis) ( $P < 0.05$ ).

#### 4.2.2.2 Modelos para el tiempo y tasa de desarrollo pupal

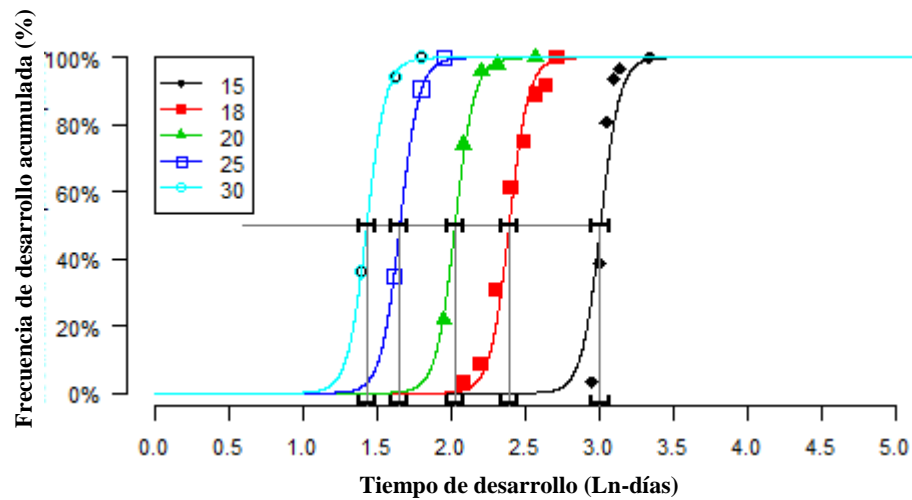
Las curvas de distribución acumulada de desarrollo pupal a lo largo del tiempo (Ln-días) fueron obtenidas a las temperaturas de 15, 18, 20, 25 y 30°C. Se observó que las curvas mostraron una clara separación en el orden de menor a mayor temperatura con respecto al eje “Y”, indicando que a mayor temperatura el tiempo de desarrollo para las pupas fue menor (Figura 24). La curva de 30°C se ubica más cerca al cero en el eje “Y” (frecuencia acumulada de desarrollo), lo que indica que el tiempo de desarrollo a esta temperatura fue el más corto, ya que las siguientes curvas aparecen en forma decreciente hasta llegar a 15°C, donde el valor observado y esperado para el tiempo de desarrollo fue más largo (Tabla 9); entonces, el comportamiento del desarrollo pupal fue similar al estado conjunto de huevo-larval, donde el tiempo del desarrollo disminuye con el incremento de la temperatura. Las curvas y su pendiente común (Slope = 15.47) fueron estimadas con la función complementaria Logit, resultando significativa ( $P < 0.05$ ) (Anexo 2).

**Tabla 9: Tiempo de desarrollo observado y esperado del estado pupa de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.**

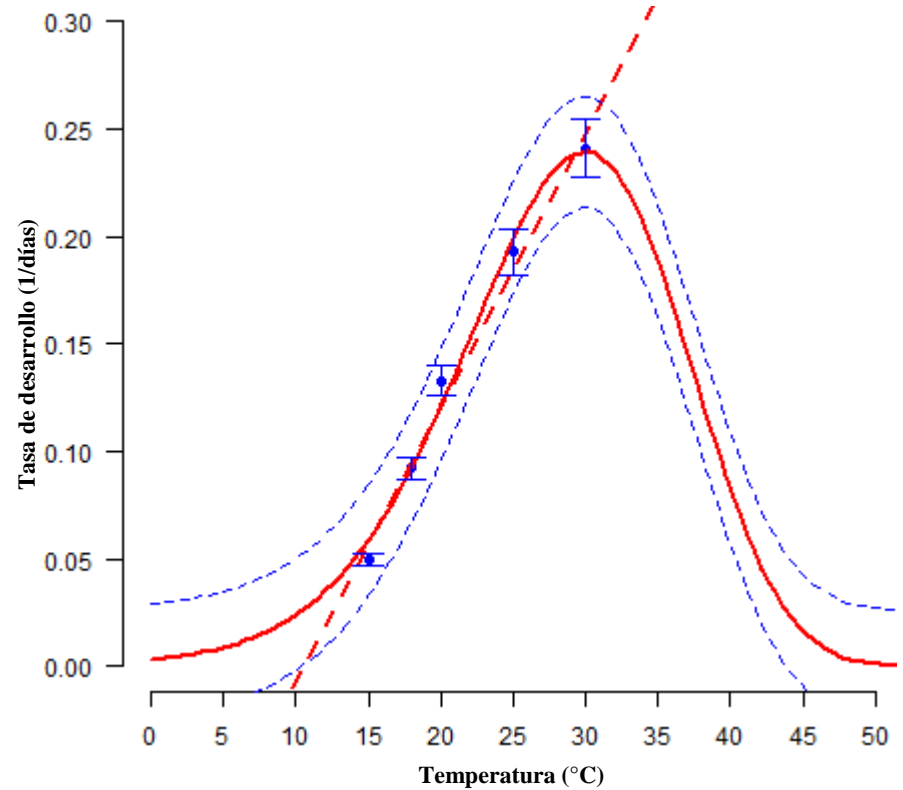
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Observado (días)</b>	<b>Esperado (días)</b>
10*	-	-
12.5*	-	-
15	21	20.01
18	11	10.85
20	8	7.53
25	6	5.19
30	5	4.15
35*	-	-

\* Temperaturas no modeladas en ILCYM.

La tasa de desarrollo (1/días) con respecto a la temperatura incrementó conforme también incrementó la temperatura hasta llegar a una tasa máxima de desarrollo a 30°C, a partir del cual se observó un quiebre de la curva seguido de una tasa de desarrollo más lenta, lo que indicó que el insecto fue afectado negativamente (Figura 25, Anexo 4). El patrón de la tasa de desarrollo (1/días) con respecto a la temperatura fue descrita por el modelo no lineal de Tb Model.



**Figura 24. Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (%) para el tiempo de desarrollo de la pupa de *E. tabacivora* según el modelo binomial logit.** (Símbolos: datos observados; la línea horizontal en el 50% del eje Y, indica que el 50% de la población pasa al estado adulto; las líneas verticales que se desprenden de esta indican el tiempo en que esto sucede).



**Figura 25. Tasa de desarrollo (1/días) dependiente de la temperatura del estado pupa de *E. tabacivora* según el modelo Tb Model.** (Símbolos azules: datos observados; línea roja: línea predictiva del modelo; líneas punteadas azules: límites de confianza; línea punteada roja: modelo lineal).

### 4.2.3 MORTALIDAD DE ESTADOS INMADUROS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS

La mortalidad registrada de los estados inmaduros de *E. tabacivora*, estuvo influenciada por la temperatura, se observó que la mayor mortalidad se presentó en la temperatura extrema de desarrollo a 12.5°C, donde alcanzó el 58% de individuos que no llegaron a adultos y la temperatura que presentó menor mortalidad fue 20°C, con 8%. Para 10 y 35°C las mortalidades fueron del 100%, se consideró como mortalidad el desarrollo incompleto de la larva o la muerte de la ninfa hospedera (Tabla 10).

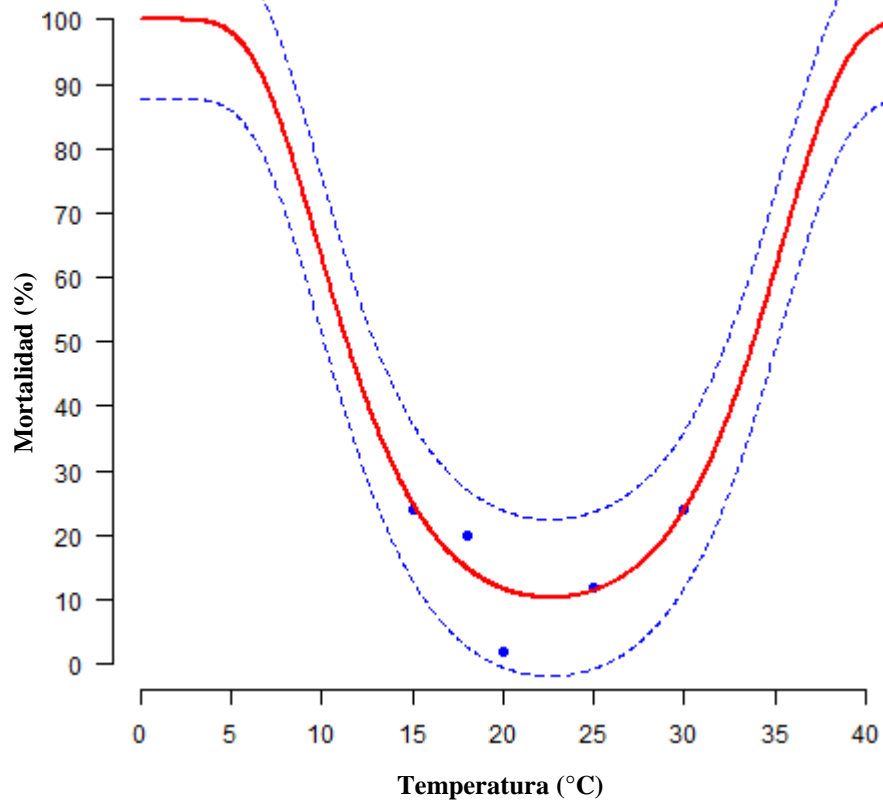
**Tabla 10: Mortalidad (%) de los estados inmaduros de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	Huevo-Larva		Pupa		Total	
	n*	(%)	n*	(%)	n*	(%)
10	50	100	-	-	-	-
12.5	22	44	7	25	29	58
15	12	24	7	18	19	38
18	10	20	4	10	14	28
20	1	2	3	6	4	8
25	6	12	1	2	7	14
30	12	24	2	5	14	28
35	50	100	-	-	-	-

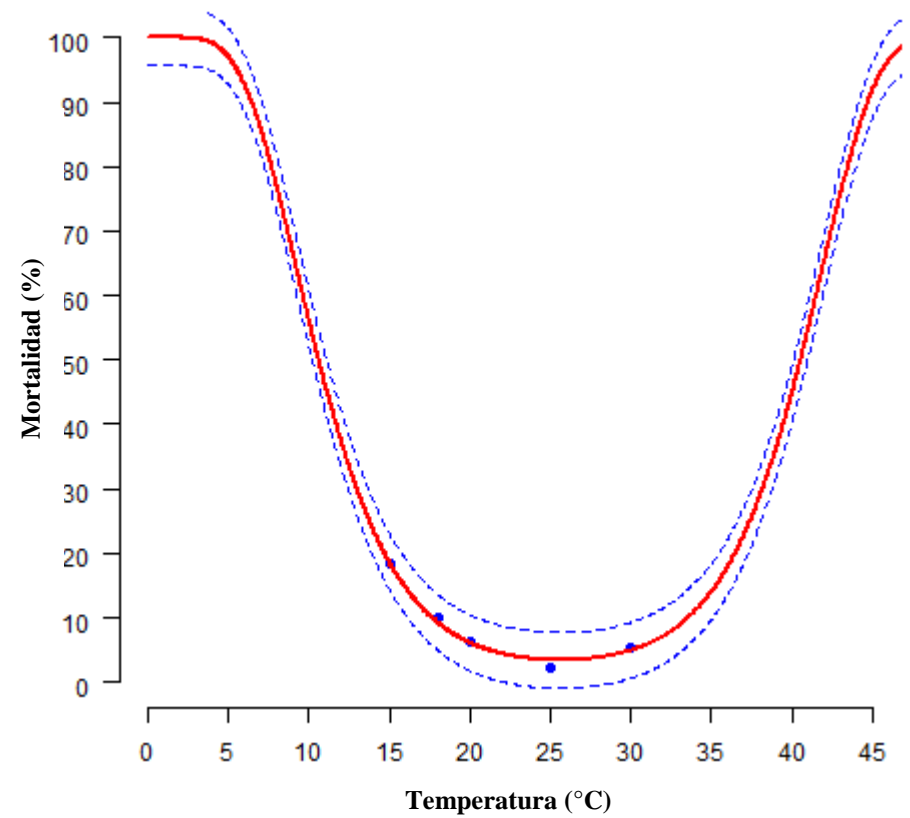
n\*: número de individuos muertos en cada estado de desarrollo.

#### 4.2.3.1 Modelos para la mortalidad

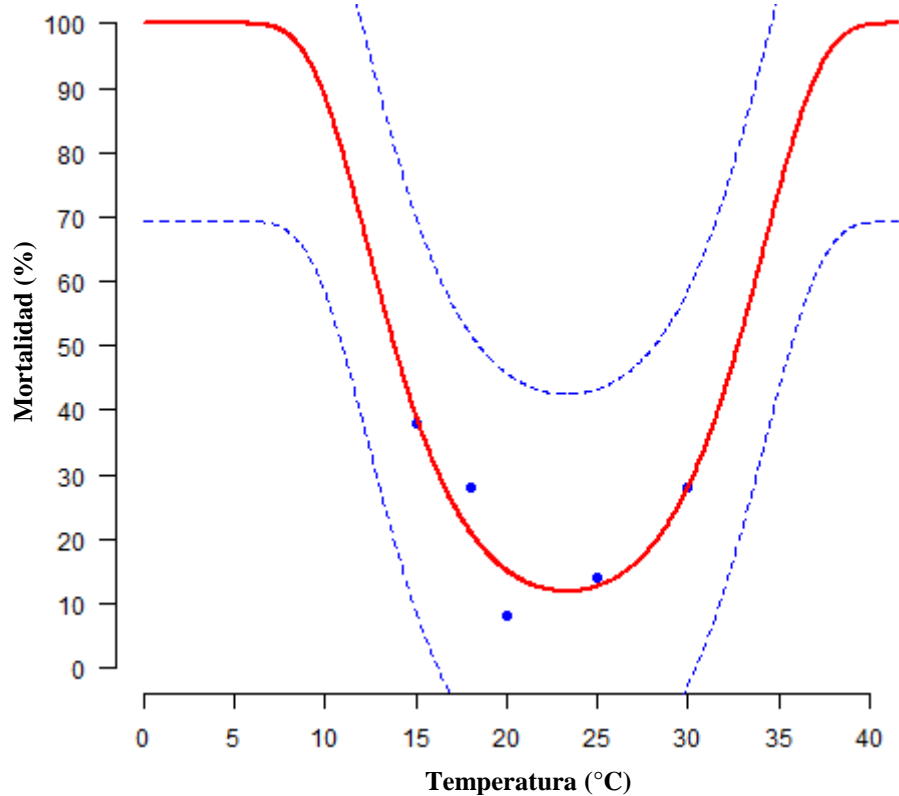
La mortalidad conjunta de los estados de huevo y larva tuvo una tendencia en forma parabólica, observándose que a temperaturas extremas la mortalidad fue mayor que a temperaturas intermedias. La curva de mortalidad del estado pupa y los estados inmaduros conjuntos, también tuvieron tendencia parabólica, donde los datos observados se ajustan a la línea predictiva del modelo a excepción de 25°C para las pupas; y 18 y 20°C para los estados inmaduros. Los modelos elegidos para las tres variables fue Wang 1 (Figuras 26, 27 y 28; Anexos 5 y 6).



**Figura 26. Mortalidad conjunta de los estados Huevo-Larva de *E. tabacivora*, según el modelo Wang 1.** (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predicativa del modelo; líneas punteadas azules: límites de confianza).



**Figura 27. Mortalidad del estado pupa de *E. tabacivora* según el modelo Wang 1.** (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predicativa del modelo; líneas punteadas azules: límites de confianza).



**Figura 28.** Mortalidad total de los estados inmaduros de *E. tabacivora* según el modelo de Wang 1. (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predictiva del modelo; líneas punteadas azules: límites de confianza).

#### 4.2.4 LONGEVIDAD DE ADULTOS Y ESTABLECIMIENTO DE MODELOS PARA EL TIEMPO Y TASA DE SENESCENCIA

El estudio del efecto de la temperatura en la longevidad del adulto se efectuó sólo a la hembra de *E. tabacivora*, ya que durante la ejecución de las pruebas a diferentes temperaturas no se encontró machos.

##### 4.2.4.1 Longevidad de hembras

De igual manera como ocurrió para los estados inmaduros, la longevidad de los adultos también fue disminuyendo con el aumento de la temperatura. Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ) se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas de 15, 25 y 30°C con 72.4, 32.8 y 16.3 días de vida respectivamente; sin embargo, no se encontró diferencias significativas para las temperaturas de 12.5, 18 y



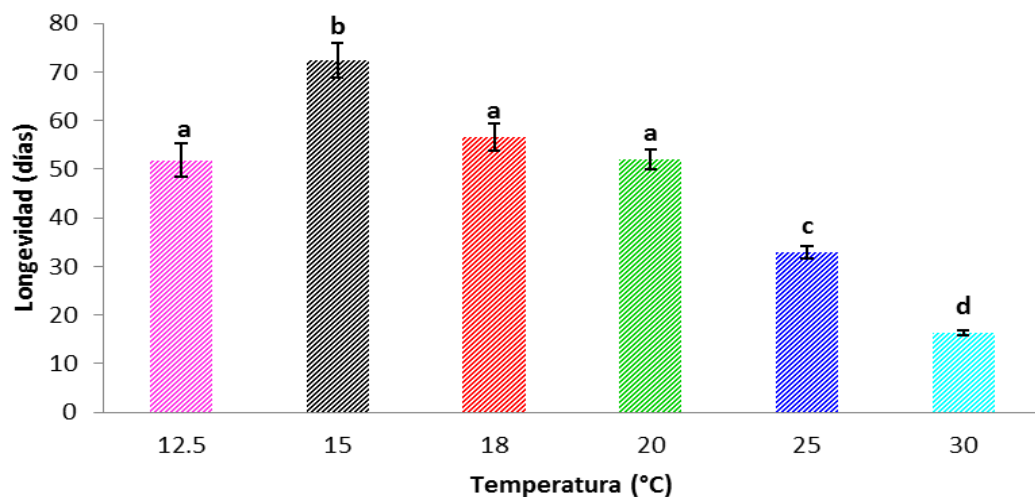
20°C, donde los promedios de longevidad fueron 51.8, 56.6, y 52 días respectivamente, es decir que no existió variabilidad en la distribución de estos resultados. Por otro lado, el rango de días de vida del adulto fue de 16-69, 35-106, 31-87, 27-77, 20-47 y 7-22 días bajo las condiciones de temperaturas evaluadas de 12.5, 15, 18, 20, 25, y 30°C, respectivamente (Tabla 11 y Figura 29).

**Tabla 11: Longevidad promedio de adultos hembras de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	n	Longevidad de hembras (días) ( $\bar{X} \pm EE^{**}$ )	Rango (Min. – Máx.) (días)
10*	-	-	-
12.5	21	51.8 $\pm$ 3.42 a	16 - 69
15	31	72.4 $\pm$ 3.60 b	35 - 106
18	36	56.6 $\pm$ 2.80 a	31 - 87
20	46	52.0 $\pm$ 1.93 a	27 - 77
25	43	32.8 $\pm$ 1.26 c	20 - 47
30	36	16.3 $\pm$ 0.58 d	7 - 22
35*	-	-	-

Letras diferentes indican diferencias significativas entre promedios, prueba de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ).

\* Temperaturas donde no hubo desarrollo completo. \*\*EE = Error estándar.



**Figura 29. Longevidad promedio de hembras (días) de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.** Las barras verticales representan el promedio de longevidad, las líneas verticales al error estándar, las letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Prueba de Kruskal – Wallis) ( $P < 0.05$ ).

#### 4.2.4.2 Establecimiento de modelos de tiempo y tasa de senescencia

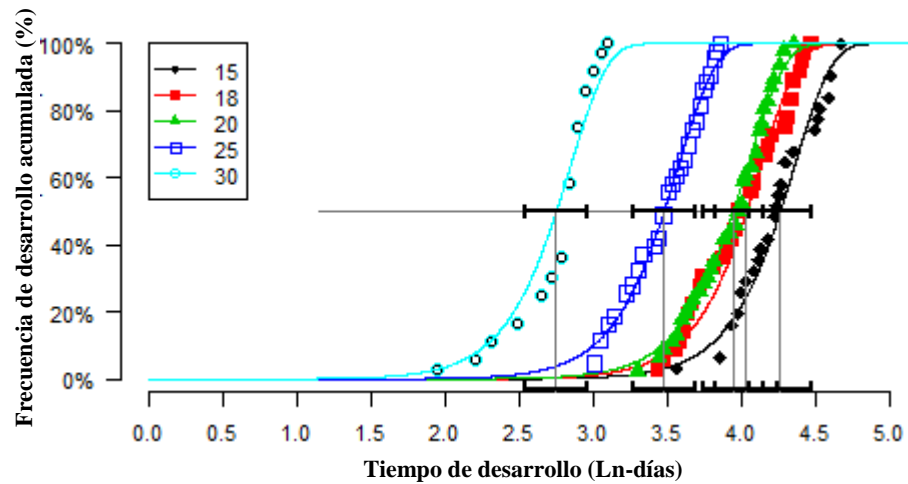
En la distribución acumulada de longevidad de las hembras a lo largo del tiempo ( $\ln$ -días) se observa que la longevidad decrece con el incremento de la temperatura en el rango de las temperaturas evaluadas de 15 y 30°C, presentando la temperatura de evaluación más alta a 30°C cuya curva es la más cercana a cero en el eje “Y” (o frecuencia acumulada de desarrollo) y que además presenta los valores observados y estimados más cortos, caso opuesto a 15°C que fue la temperatura cuyos valores de longevidad fueron más altos y su curva de desarrollo fue más alejada al eje “Y” (Figura 30). Así mismo, no existió diferencia entre los valores observados y estimados de la longevidad entre las temperaturas de 18 y 20°C (Tabla 12), por ello la distribución de sus curvas también es muy cercana. El modelo fue binomial logaritmo-logaritmo (cloglog) y las curvas tuvieron pendiente común de Slope=3.93 resultando significativa ( $P<0.05$ ) (Anexo 7).

**Tabla 12: Longevidad (días) observado y esperado de adultos hembras de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.**

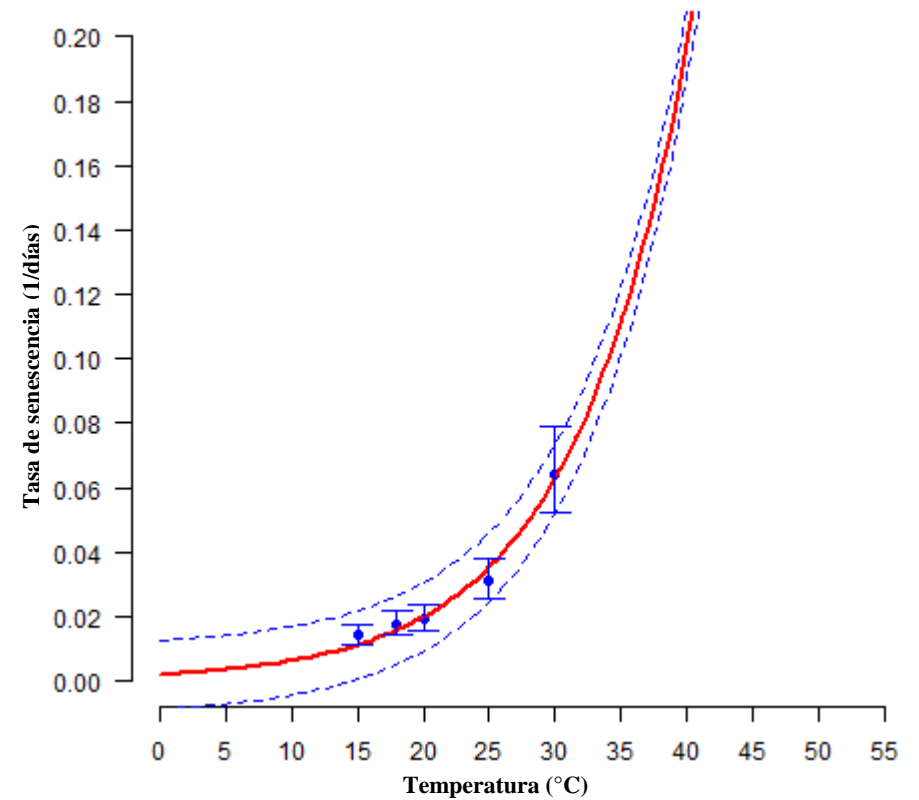
Temperatura (°C)	Observado (días)	Esperado (días)
10*	-	-
12.5*	-	-
15	69	70.47
18	55	56.10
20	53.5	51.25
25	33	32.16
30	17	15.54
35*	-	-

\* Temperaturas no modeladas en ILCYM.

La tasa de senescencia (1/días) del estado adulto entre las temperaturas de 15 y 20°C fue menor, con una tasa cercana a 0.02, donde el parasitoide envejece más lento, pero entre 25 y 30°C el parasitoide envejece más rápido con una tasa cercana a 0.1. Según el modelamiento no es claro que ocurriría exactamente a temperaturas más extremas, sólo aproximamos una curva con fines prácticos para las simulaciones. El modelo escogido fue el Exponencial simple (Figura 31 y Anexo 8).



**Figura 30. Distribución de frecuencia acumulada de desarrollo (longevidad) para hembras de *E. tabacivora* según el modelo binomial Cloglog.** (Símbolos: datos observados; línea negra que se intercepta con el 50% del “eje Y” indica el tiempo donde el 50% de la población muere; las líneas verticales que se desprenden de ésta indican el tiempo en que esto sucede; las curvas son las frecuencias esperadas usando el modelo).



**Figura 31. Tasa de senescencia (1/días) de las hembras de *E. tabacivora* vs la temperatura según el modelo Exponencial simple.** (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predicativa por el modelo; líneas continuas azules: límites de confianza).

#### **4.2.5 CAPACIDAD DE REPRODUCCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO PARA LA FRECUENCIA DE OVIPOSICIÓN**

Los datos promedio de fecundidad por hembra, oviposición media por día, pico de oviposición y el periodo de oviposición de *E. tabacivora* fueron obtenidos bajo cinco temperaturas (15, 18, 20, 25 y 30°C), los cuales se presentan en la Tabla 13.

A la temperatura de 12.5°C, no se observaron evidencias de oviposición (larvas o pupas desarrolladas) a pesar de que las hembras tuvieron una longevidad prolongada (51.81 días), se podría suponer que a esta temperatura pudieron desarrollarse los machos, sin embargo, al comparar las características morfológicas de estos individuos, todos fueron hembras.

##### **4.2.5.1 Capacidad de reproducción (fecundidad)**

La fecundidad expresada en la cantidad total de huevos puestos por hembra también es afectada por la temperatura. Al aplicar la prueba de Kruskal–Wallis se encontró diferencias significativas para las temperaturas de 15, 18 y 30°C, pero 20 y 25°C resultaron estadísticamente iguales, además que, a estas temperaturas se obtuvo la mayor fecundidad con un promedio 231.3 y 219.3 ninfas parasitadas/hembra respectivamente. Así mismo la menor fecundidad se obtuvo a 30°C con 10.9 ninfas parasitadas/hembra (Tabla 13), en el rango de fecundidad total, se observó que al menos una hembra tuvo la capacidad de parasitar 307 ninfas de mosca blanca en toda su vida, esto ocurrió a 20°C.

A las temperaturas de 15 y 30°C, la fecundidad se vio afectada, ya que se registró algunos casos de hembras que no tuvieron evidencia de oviposición, por lo que no se incluyeron en el procesamiento de datos.

**Tabla 13: Fecundidad promedio total y oviposición promedio diaria *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B.**

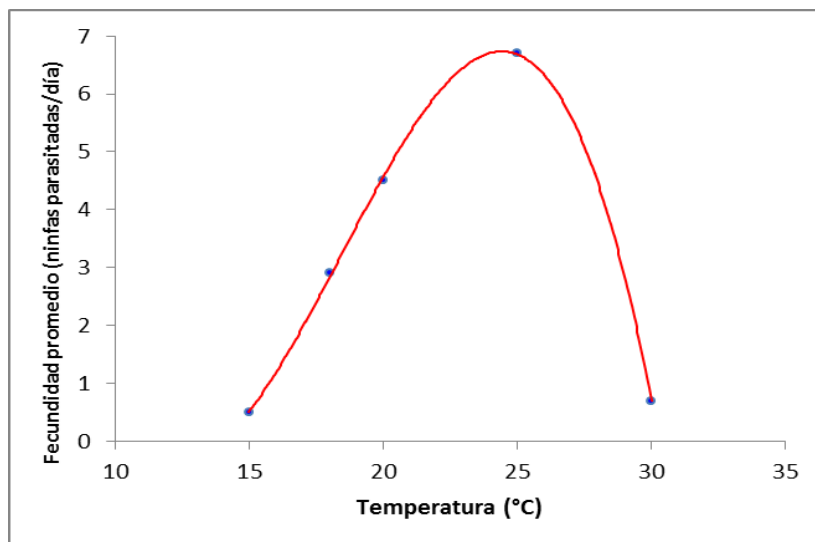
Temp. (°C)	n*	Fecundidad total** (NP/hembra)	Rango	Oviposición promedio/día (NP/hembra)	Pico de Oviposición	
					# NP	día
15*	29	33.0 ± 3.0 a	10 - 73	0.5	6.4	3
18	36	162.8 ± 7.74 b	28 - 245	2.9	8.9	5
20	46	231.3 ± 5.93 c	129 - 307	4.5	13.5	1
25	43	219.3 ± 10.6 c	53 - 346	6.7	17	5
30*	34	10.9 ± 1.70 d	2 - 56	0.7	3.5	1

\*En 15 y 30°C no se contabilizó 2 individuos en cada temperatura porque no pusieron huevos.

\*\*Promedios ± EE seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes.

NP: ninfas parasitadas

Con respecto a la oviposición promedio diario, fue en aumento conforme incrementó la temperatura hasta 25°C, donde la hembra presentó su máximo valor con 6.7 ninfas parasitadas/hembra/día; a 30°C se observa un descenso abrupto, cayendo a 0.7 ninfas parasitadas/hembra/día (Tabla 13 y Figura 32). También se observa que a las temperaturas extremas de 15 y 30°C registran la oviposición diaria más baja.



**Figura 32. Oviposición promedio diario de hembras de *E. tabacivora* a temperaturas constantes.** (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predictiva del modelo Polinomial).

En la figura 33 se presenta las curvas de oviposición promedio diario de las hembras de *E. tabacivora* a las temperaturas donde se obtuvo descendencia, observando que los picos más altos de oviposición se registraron en los primeros días de vida:

En 25°C, el mayor pico se registró el día 5 con 17 ninfas parasitadas (Tabla 13), luego tuvo un descenso hasta el día 13 aproximadamente, a partir del cual la curva se hizo variable hasta el día 47 donde termina la curva con la muerte del último insecto.

A 20°C, el pico máximo se registró el primer día de vida con 13.5 ninfas parasitadas (Tabla 13), la curva tuvo la misma tendencia de 25°C, pero terminó recién hacia el día 78 con la muerte del último insecto.

A 18°C, el pico máximo se registró el día 5 con 8.9 ninfas parasitadas (Tabla 13), luego la curva fue muy irregular aumentando repentinamente hacia los días 18 y 36 de vida y terminó hacia el día 88 aproximadamente.

A 15°C, el pico máximo se registró el día 5 con 6.4 ninfas parasitadas (Tabla 13), luego la parasitación disminuyó considerablemente y la curva se mantuvo por debajo de las 3 ninfas parasitadas y terminó hacia el día 114 aproximadamente, siendo la curva más larga de todas las temperaturas evaluadas.

Para 30°C la parasitación fue muy escasa, se registró el pico máximo el primer día con 3.5 ninfas parasitadas (Tabla 13), la curva termina el día 24, siendo el más corto de todas las temperaturas evaluadas.

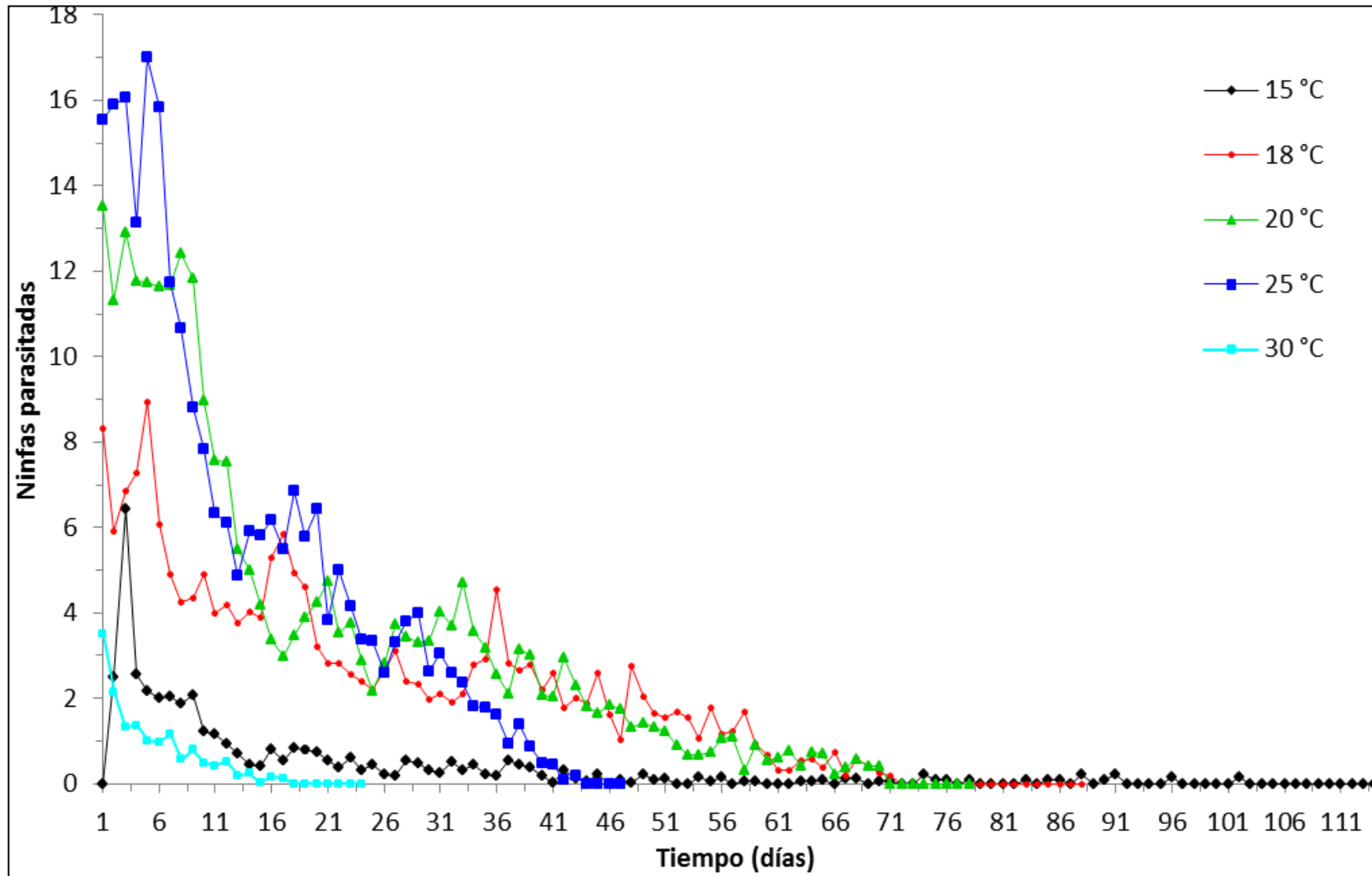


Figura 33. Curvas de oviposición diaria por hembra de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes. (Los símbolos son los datos observados).

#### 4.2.5.2 Periodo de pre-oviposición, oviposición y post-oviposición

Los periodos de pre-oviposición, oviposición y post-oviposición también fueron afectados por la temperatura. *E. tabacivora* solo presentó periodo de pre-oviposición a 15 y 30°C y en promedio fue menor a 1 día. Los días de oviposición decrecieron conforme aumentó la temperatura de 51.6 (15°C) a 9.3 días de duración (30°C). El periodo de post-oviposición solo decreció hasta 20°C, pues a partir de 25°C volvió a incrementar (Tabla 14).

El período de pre-oviposición de las dos temperaturas que lo presentaron (15 y 30°C) no mostró diferencias significativas. Para el período de oviposición las temperaturas de 18 y 20°C tampoco mostraron diferencias significativas, mientras que 15, 25 y 30°C si lo hicieron. En el período de post-oviposición 18 y 30°C fueron significativamente iguales, de igual manera 20 y 25°C también lo fueron, excepto 15°C que fue significativamente diferente a las demás temperaturas evaluadas (Tabla 14).

**Tabla 14: Etapas del periodo de oviposición de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	n*	Periodo de Oviposición (días ± EE)**		
		Pre- Oviposición	Oviposición	Post-Oviposición
15	29	0.4 ± 0.14 a	51.6 ± 3.67 a	19.7 ± 2.78 a
18	36	0 b	48.8 ± 1.9 b	7.8 ± 1.32 b
20	46	0 b	49 ± 1.79 b	3.0 ± 0.65 c
25	43	0 b	29.3 ± 1.23 c	3.4 ± 0.57 c
30	34	0.9 ± 0.26 a	9.3 ± 0.68 d	6.1 ± 0.58 b

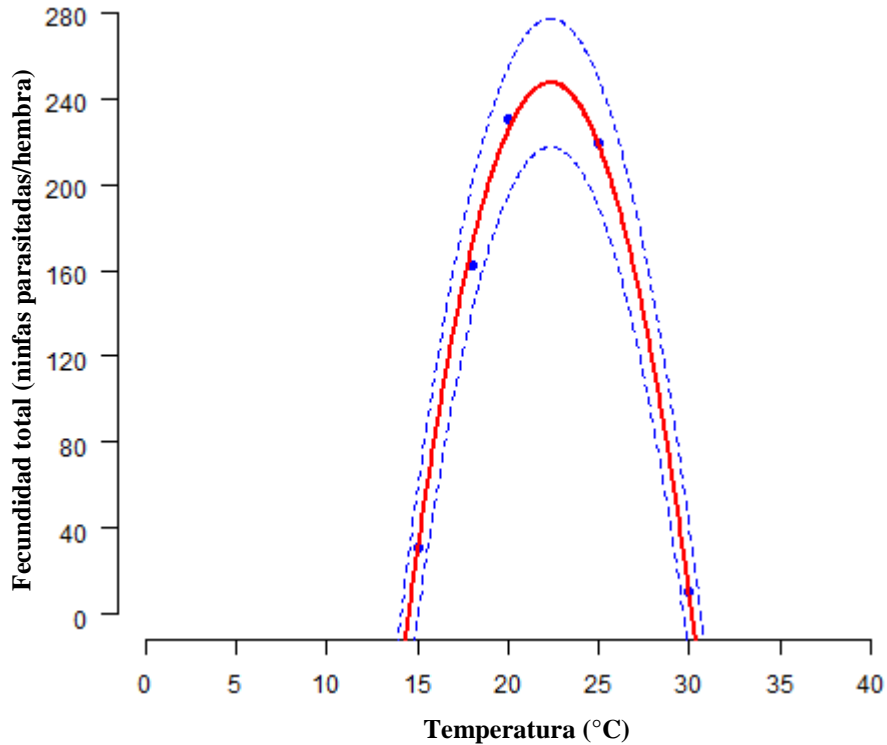
\*En 15 y 30°C no se contabilizó 2 individuos en cada temperatura porque no pusieron huevos.

\*\*Promedios ± EE seguidos por la misma letra y en una misma columna no son significativamente diferentes.



#### 4.2.5.3 Establecimiento de modelos

La estimación de la fecundidad total (ninfas parasitadas/hembra) respecto a la temperatura fue descrita por el modelo Quadratic (Figura 34 y Anexo 9). Se observa que los datos se ajustan muy bien a la curva y tiene la forma de una parábola invertida, alcanzando su máximo valor (punto de inflexión) entre 20 y 25°C aproximadamente, a partir de la cual la fecundidad empieza a descender con el aumento de la temperatura.



**Figura 34. Fecundidad total promedio de *E. tabacivora* según el modelo Quadratic.** (Puntos azules: datos observados; línea roja: línea predictiva del modelo; líneas continuas azules: límites de confianza).

La frecuencia de oviposición acumulativa por hembra, fue utilizada para cuantificar el efecto de la temperatura en la oviposición total de las hembras por día. A 30°C la oviposición fue heterogénea y escasa, esto ocurrió desde el principio y a lo largo de toda la vida de la hembra. Para 15, 20 y 25°C la frecuencia inicial de oviposición fue heterogénea hasta llegar a un 40% de la tasa, a partir del cual se hace homogénea. Para 18°C la frecuencia de oviposición fue homogénea. Todas las temperaturas evaluadas siguieron la misma tendencia sobre la línea predictiva del modelo Gamma (Figura 35 y Anexo 10).

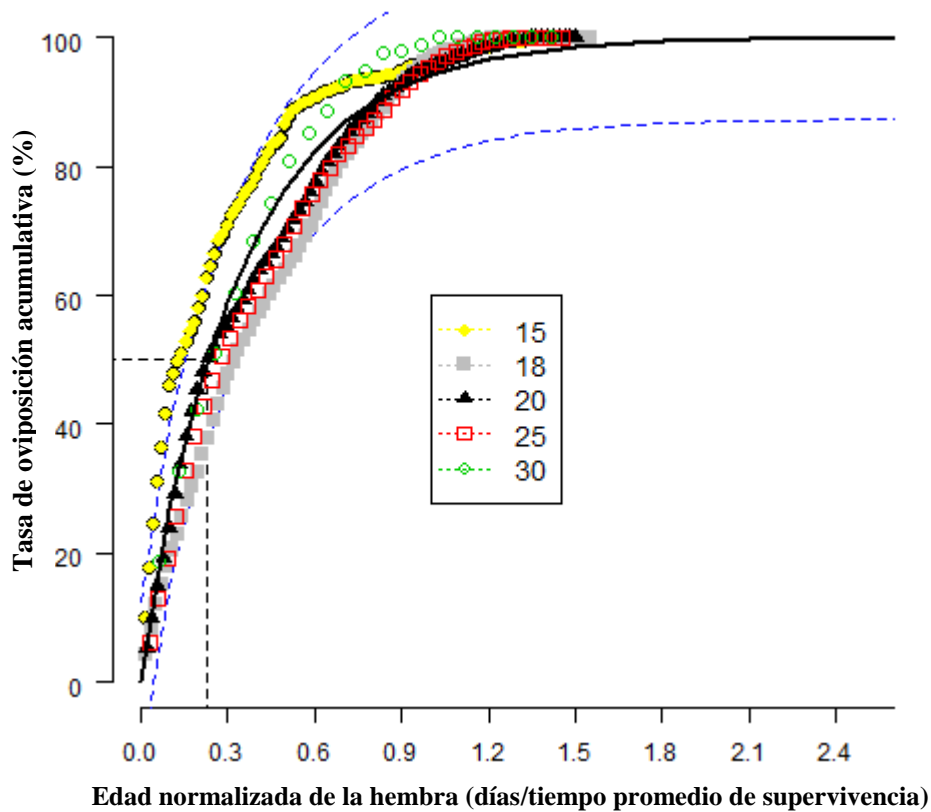


Figura 35. Frecuencia de oviposición acumulativa (%) de *E. tabacivora*, según el modelo Gamma (Símbolos: datos observados; líneas continuas azules: límites de confianza).

#### 4.2.6 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL CICLO DE DESARROLLO Y EL CICLO DE VIDA COMPLETO

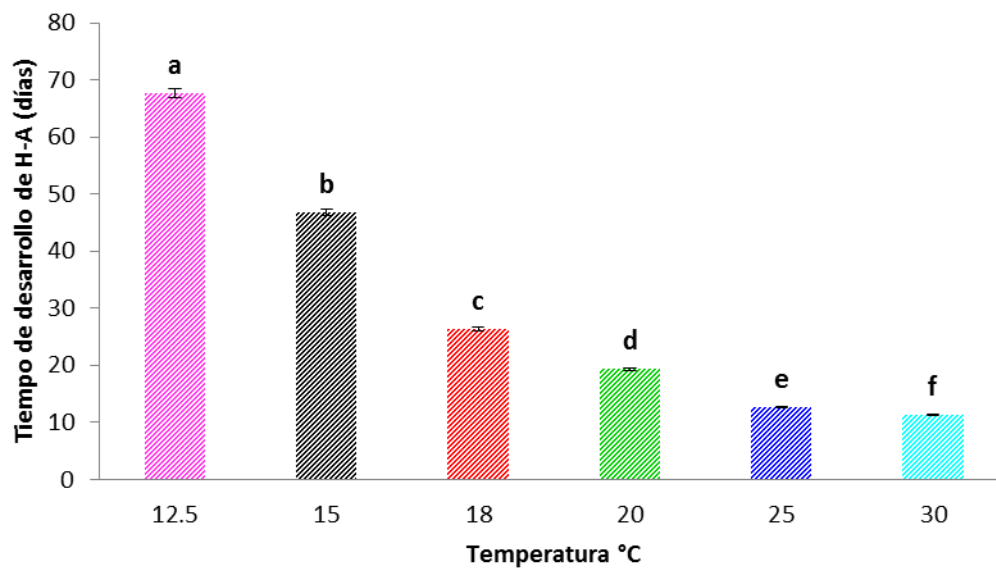
##### 4.2.6.1 Ciclo de desarrollo

Para el ciclo de desarrollo inmaduro, se consideró la población de insectos que sobrevivieron desde el estado de huevo hasta la emergencia del adulto (huevo-adulto). Se observó la disminución del tiempo a medida que aumentó la temperatura, pues a la temperatura de 12.5°C el desarrollo fue seis veces más largo (67.6 días) que 30°C (11.2 días). Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ) se encontraron diferencias significativas entre todas las temperaturas evaluadas (Tabla 15 y Figura 36).

**Tabla 15: Duración del ciclo de desarrollo (H-A) de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	n	Tiempo de desarrollo (días) ( $\bar{X} \pm EE^{**}$ )	Rango Min. – Max. (días)
12.5	21	67.6 ± 0.78 a	60 – 76
15	31	46.8 ± 0.65 b	43 – 65
18	36	26.4 ± 0.28 c	24 – 31
20	46	19.3 ± 0.17 d	18 – 24
25	43	12.7 ± 0.09 e	12 – 14
30	36	11.2 ± 0.13 f	10 – 14

\*\* EE = Error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre promedios, prueba de Kruskal-Wallis (P<0.05).



**Figura 36. Duración del ciclo de desarrollo (días) de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.** Las barras verticales representan los promedios, las líneas verticales el error estándar, las letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Prueba de Kruskal – Wallis) (P<0.05).

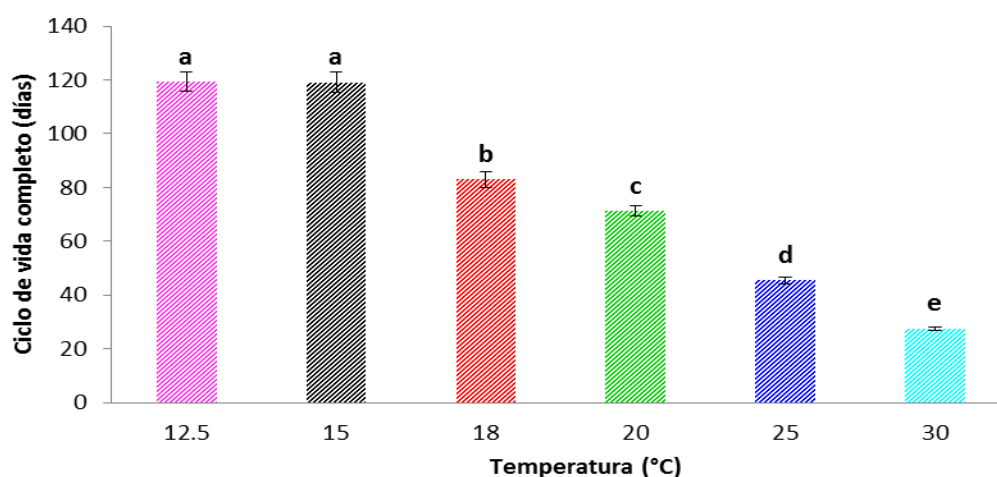
#### 4.2.6.2 Ciclo de vida completo

El ciclo de vida comprendió el ciclo de desarrollo más longevidad, para ello se consideró la población de insectos que sobrevivieron desde el estado huevo hasta que el insecto adulto murió. Se observó que fue más prolongado a las temperaturas bajas de 12.5 y 15°C con 119.4 y 119.2 días respectivamente, disminuyendo a mayor temperatura hasta los 30°C con 27.6 días. Se utilizó la prueba estadística de Kruskal-Wallis y se observaron diferencias significativas para las temperaturas de 18, 20, 25 y 30°C, pero 12.5 y 15°C resultaron estadísticamente similares (Tabla 16, Figura 37).

**Tabla 16: Duración del ciclo de vida completo de *E. tabacivora* parasitando *B. tabaci* biotipo B a diferentes temperaturas constantes.**

Temperatura (°C)	N	Tiempo de vida total (días) ( $\bar{X} \pm EE^{**}$ )	Rango Min. – Max. (días)
12.5	21	119.4 ± 3.5 a	78 – 133
15	31	119.2 ± 3.8 a	81 – 157
18	36	82.9 ± 2.8 b	59 – 112
20	46	71.3 ± 1.9 c	47 – 96
25	43	45.4 ± 1.2 d	33 – 59
30	36	27.6 ± 0.6 e	19 – 33

\*\* EE = Error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre promedios, prueba de Kruskal-Wallis (P<0.05).



**Figura 37. Duración del ciclo de vida completo (días) de *E. tabacivora* a diferentes temperaturas constantes.** Las barras verticales representan los promedios, las líneas verticales el error estándar, las letras diferentes indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Prueba de Kruskal – Wallis) (P<0.05).

Con el ciclo de vida también se puede describir la supervivencia del insecto, así, en la figura 38 y anexo 11 se puede observar que:

A las temperaturas extremas de 10 y 35°C solo se registró la supervivencia de los estados conjuntos de huevo y larva y fueron observados hasta que las ninfas hospederas colapsaron, no pudiéndose determinar el tiempo exacto de muerte del individuo.

En 30°C se presentó la menor supervivencia en el tiempo, pues la curva terminó el día 33 con la muerte del último insecto. Caso contrario ocurrió en 12.5 y 15°C, que fueron las temperaturas que tuvieron la mayor supervivencia de insectos en el tiempo, ya que los últimos insectos murieron los días 133 (12.5°C) y 157 (15°C).

20°C fue la temperatura que presentó la mayor supervivencia hasta la mitad de su ciclo de vida, ya que hasta el día 48 solo tuvo la mortalidad de 4 individuos. El 50% de individuos vivieron hasta el día 70 y a partir del cual la curva de supervivencia mantuvo una caída constante hasta el día 96 que todos los insectos murieron.

En 18°C se presentó una mortalidad alta entre los días 12 y 30, luego no se registró mortalidad hasta el día 59 y por tanto la tendencia de curva fue recta. El 50% de la población vivió hasta el día 68 y a partir de ello los insectos fueron muriendo paulatinamente hasta el día 112.

A 25°C, los primeros 6 insectos murieron entre los días 5 y 14, luego la curva de supervivencia fue recta hasta el día 33 y a partir de este día volvió a caer hasta llegar al día 59 con la muerte del último insecto.

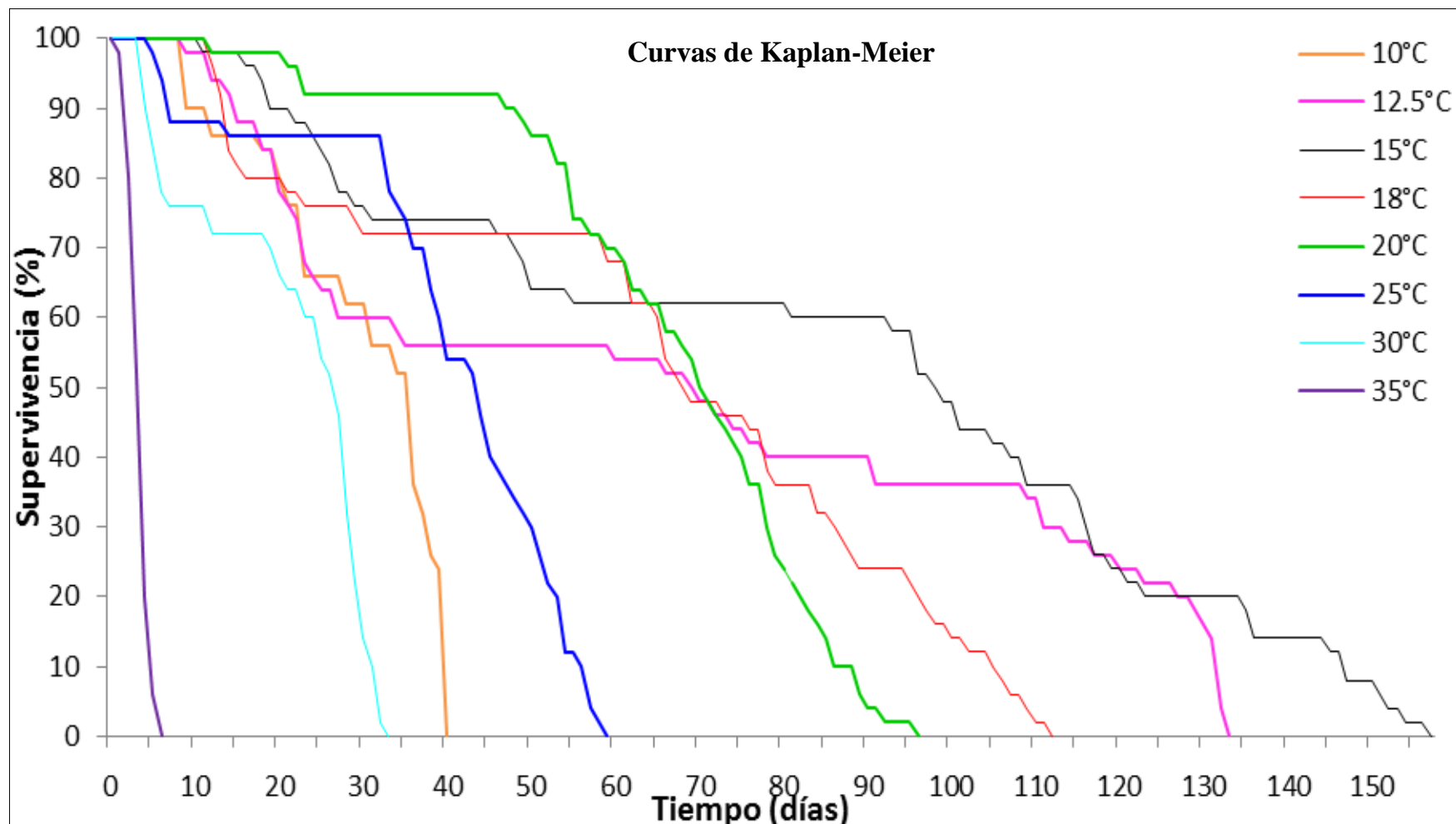


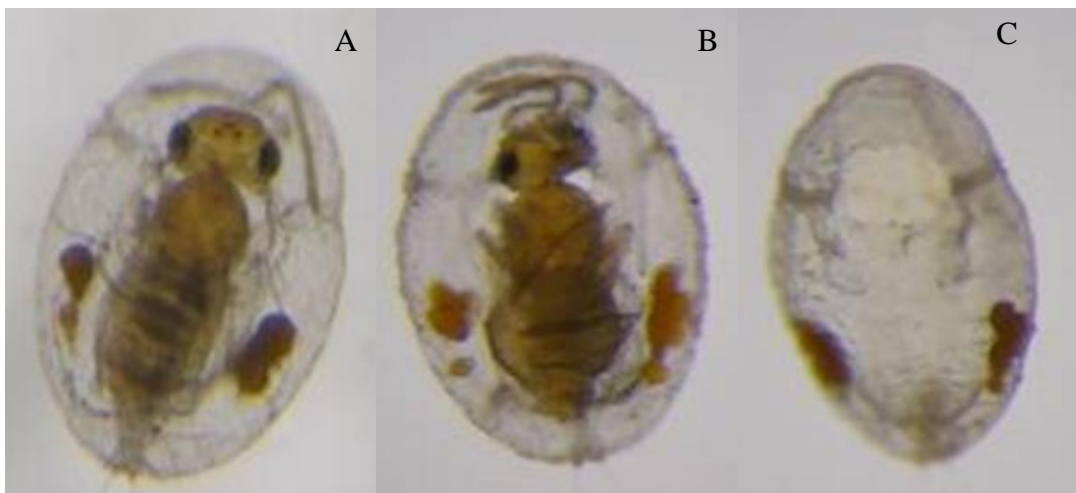
Figura 38. Curvas de supervivencia poblacional de *E. tabacivora* a ocho temperaturas constantes, bajo condiciones de laboratorio.

## 4.2.7 OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ADULTOS

### 4.2.7.1 Emergencia de adultos

Antes de la emergencia, las pupas de *E. tabacivora* permanecieron inmóviles dentro de la ninfa de mosca blanca hasta que culmine el proceso de esclerotización. Cuando estuvieron próximos a la emergencia, los parasitoides dieron la vuelta para ubicarse en posición dorsal (Figuras 39A-B), iniciando un periodo de mayor actividad con movimientos intermitentes de antenas y patas, los que fueron percibidos por minutos y/o horas en altas temperaturas (20, 25, y 30°C), incluso hasta 1 día a bajas temperaturas (12.5 y 15°C).

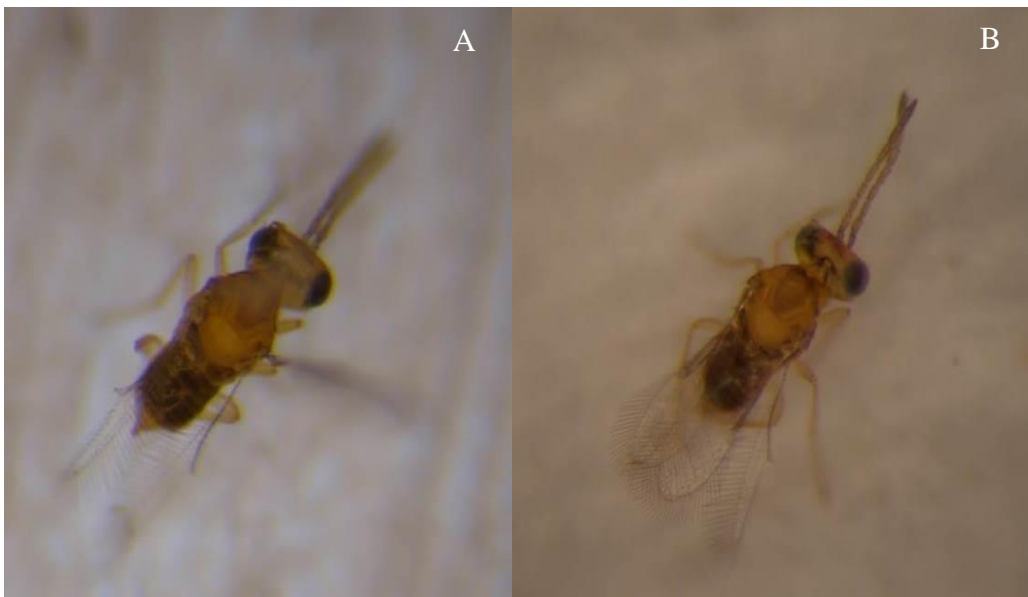
La emergencia de adultos se produjo a través de un agujero irregular masticado por el adulto en la parte antero-dorsal superior de la exuvia del huésped en el lado opuesto al opérculo y cercana a la sutura en “T” por donde emerge el adulto de *B. tabaci*. Inician este proceso sacando la cabeza y luego las patas anteriores, con las que comienzan a balancearse hasta sacar el resto de su cuerpo (tórax, patas medias, posteriores y abdomen) (Figura 39C). El comportamiento fue similar en todas las temperaturas, pero a las bajas temperaturas tardó más tiempo.



**Figura 39. Forma de emergencia de adultos de *E. tabacivora*:** (A-B) Vista de la ubicación de la pupa de próxima a emerger. (C) Exuvia del hospedero mostrando el orificio de salida del parasitoide.

#### 4.2.7.2 Movilidad y capacidad de vuelo

Inmediatamente después de la emergencia, el adulto se limpia las antenas con las patas anteriores, las alas y abdomen con las patas posteriores (Figura 40), camina lentamente hasta que sequen sus alas y pueda extenderlas por completo, luego con ayuda de sus antenas inicia el reconocimiento del lugar donde se encuentra. A temperaturas de 30, 25, 20 y 18°C su capacidad de vuelo fue muy veloz cuando se sintió amenazada por algún objeto (pincel o folines), aceleró su movilidad dando saltos violentos de un lugar a otro. A la temperatura de 15°C su movilidad y capacidad de vuelo fue lenta, pero a 12.5°C solo caminaban para trasladarse, incluso resultó fácil poder capturarlas con un pincel.



**Figura 40. Adultos de *E. tabacivora* recién emergidos: (A-B) Proceso de limpieza de antenas y patas de los adultos recién emergidos.**

#### 4.2.7.3 Comportamiento de oviposición, limpieza y alimentación

Cuando la hembra de *E. tabacivora* fue expuesta a una hoja de camote infestada con ninfas de mosca blanca (*B. tabaci* biotipo B), esta empezó a desplazarse sobre la hoja palpando con las antenas, por momentos agitó velozmente las alas y se limpió las patas posteriores. Cuando la hembra fue atraída por una ninfa, procedió a examinarla cuidadosamente, dando vueltas alrededor ella y palpándola con las antenas para



comprobar si su tamaño era adecuado. Luego de escoger adecuadamente la ninfa para parasitar, se posicionó sobre la ninfa arqueando su abdomen para insertar su ovipositor sobre el hospedero (Figura 41A). Se pudo contabilizar en algunos eventos de parasitación que la hembra permaneció con el ovipositor insertado en la ninfa de mosca blanca aproximadamente de 1-15 segundos, también hubo situaciones donde los tiempos fueron menores de lo mencionado anteriormente, entonces esta solo fue una oviposición de prueba, ya que cuanto más tiempo duró con el ovipositor inserto, la hembra estuvo ovipositando pues permaneció inmóvil con las antenas inclinadas hacia adelante (Figura 41A). Finalizada la oviposición, la hembra se dio la vuelta y empezó a alimentarse de los líquidos que salían de la ninfa y/o se limpió y caminó palpando la hoja en busca de otras ninfas hospederas.

Se esperaba encontrar sólo un huevo por hospedero, sin embargo, al observar con el microscopio a las ninfas parasitadas, algunas presentaron más de una cicatriz producida por el ovipositor (puntos marrón-oscuros) (Figura 41B) y al disectarlas, algunas veces se encontró más de un huevo en el mismo hospedero. Por tanto, es probable que algunas hembras coloquen más de un huevo por cada hospedero, o que no sean capaces de reconocer una ninfa ya parasitada.



**Figura 41. Comportamiento de oviposición de *E. tabacivora*:** (A) Hembra ovipositando, (B) orificio de perforación para la oviposición.

#### **4.2.7.4 Partenogénesis**

En todos los experimentos de longevidad y reproducción realizados a 15, 18, 20, 25 y 30°C se encontró sólo presencia de hembras, las cuales presentaron las mismas características morfológicas. Sin embargo, a 12.5°C la temperatura tuvo efecto marcado sobre la capacidad de oviposición, ya que no se obtuvo ninguna descendencia, pero durante los cambios de hojas de camote, se observó a algunos individuos palpando con las antenas y en ocasiones se vio algunas hembras sobre la ninfa hospedera. Por lo tanto *E. tabacivora* presentó una partenogénesis de tipo telitoquia, es decir la descendencia de huevos no fertilizados produce hembras hijas.

### **4.3 PARAMETROS DE TABLA DE VIDA DE *E. tabacivora***

Los parámetros de la tabla de vida fueron modelados por el *software* ILCYM a partir de los submodelos desarrollados en cada etapa del ciclo biológico de *E. tabacivora*. Se eligió la opción de simulación determinística y se obtuvo los siguientes parámetros de vida basados en las temperaturas donde hubo descendencia (15, 18, 20, 25 y 30°C): Tasa de reproducción neta ( $R_0$ ), Tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ ), Tasa de crecimiento finito ( $\lambda$ ) Tiempo de generación (T) y el tiempo doble (Dt).

#### **4.3.1 DESARROLLO DEL MODELO FENOLOGICO**

Se calculó los parámetros simulados en la tabla de vida por el modelo fenológico, a continuación, se describen los parámetros obtenidos:

##### **4.3.1.1 Tasa de crecimiento reproductivo (GRR)**

La GRR, aumentó con el incremento de la temperatura hasta 25°C y disminuyó a temperaturas más altas. El mayor valor de GRR fue a 20°C (110.36) y la menor fue a 30°C (5.28). Este parámetro se ajustó mejor al modelo cuadrático con  $R^2=1$  (Tabla 17 y Figura 42).

#### **4.3.1.2 Tasa de reproducción neta ( $R_0$ )**

La  $R_0$  que refleja el número de progenie hembra que es capaz de producir cada hembra de la población durante toda su vida, fue en aumento conforme incrementó la temperatura hasta 20 y 25°C y disminuyó a temperaturas más altas. La mayor cantidad de progenie se consiguió a estas temperaturas pues la descendencia fue casi 25 veces más que 30°C y 10 veces más que 15°C (Tabla 17). La diferencia encontrada demuestra la importancia que puede llegar a alcanzar la crianza a 20 y 25°C, debido a su alta capacidad reproductiva. Este parámetro se ajustó mejor al modelo cuadrático con  $R^2=0.9986$  (Figura 42).

#### **4.3.1.3 Tasa intrínseca de crecimiento natural ( $r_m$ )**

La capacidad de un individuo para reproducirse fue mayor a 25°C con una tasa de 0.176, la temperatura de 20°C también fue favorable con  $r_m = 0.108$ , pero a 15, 18 y 30°C los valores de  $r_m$  (0.024, 0.077 y 0.055 respectivamente), fueron más cercanos a cero, lo que indica que estas temperaturas el parasitoide tuvo menor capacidad para reproducirse. Este parámetro se ajustó mejor al modelo cúbico con  $R^2=0.9963$  (Tabla 17 y Figura 42).

#### **4.3.1.4 Tasa de crecimiento finita ( $\lambda$ )**

La tasa de crecimiento finito representa el número de individuos que se agrega a la población por individuo y por día. El valor de  $\lambda$  a todas las temperaturas evaluadas fue positivo, pero la mayor tasa registrada fue a 20 y 25°C con 11.14% y 11.92% de crecimiento aproximado diario respectivamente (Tabla 17), siendo las temperaturas que aumentaron más hembras por generación. Este parámetro también se ajustó mejor al modelo cúbico con  $R^2=0.996$  (Figura 42).

#### **4.3.1.5 Tiempo de generación (T o GL)**

El tiempo promedio en días entre el nacimiento de una generación y el 50% de la siguiente generación, disminuyó con el aumento de la temperatura, 25 y 30°C presentaron los tiempos más cortos de todas las temperaturas evaluadas (24.5 y 19.92

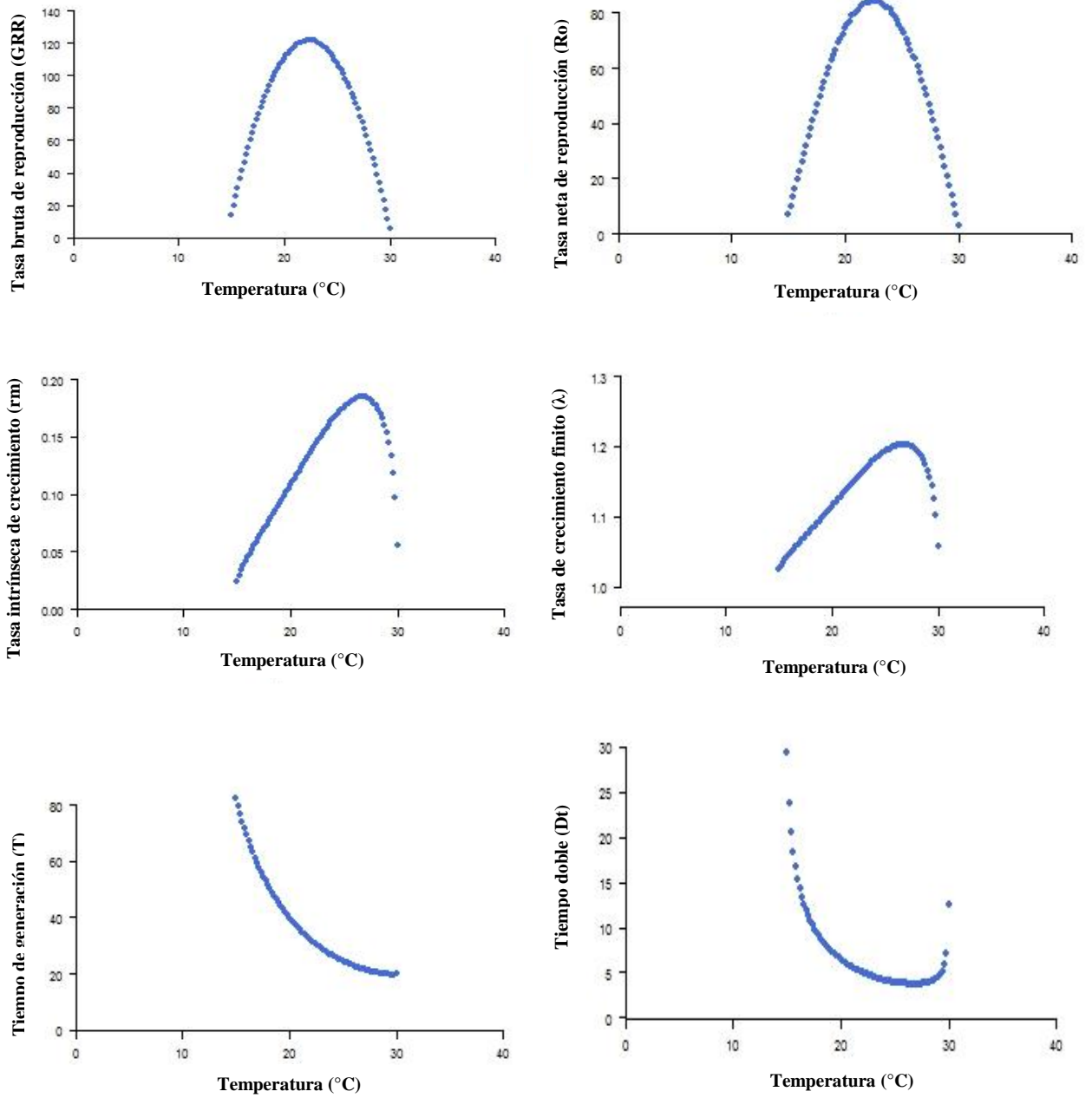
días), pero la tasa de reproducción neta ( $R_0$ ) de 30°C es la menor de todas (Tabla 17), no siendo muy favorable para el desarrollo óptimo de las generaciones siguientes de parasitoides a esta temperatura. El modelo cuadrático explicó mejor los datos de este parámetro con  $R^2=0.99$  (Figura 42).

#### 4.3.1.6 Tiempo doble ( $D_t$ )

Representa el número de días necesarios para duplicar la población. Para el caso de *E. tabacivora*, este tiempo disminuyó con el incremento de la temperatura hasta 25°C y a partir de 30°C aumentó. Los tiempos más cortos para duplicar la población se registraron a 20 y 25°C (Tabla 17). El modelo cuadrático explicó mejor el comportamiento de datos de este parámetro con  $R^2=9851$  (Figura 42).

**Tabla 17: Parámetros de tabla de vida de *E. tabacivora*, obtenidos mediante la simulación determinística del modelo fenológico para cinco temperaturas constantes.**

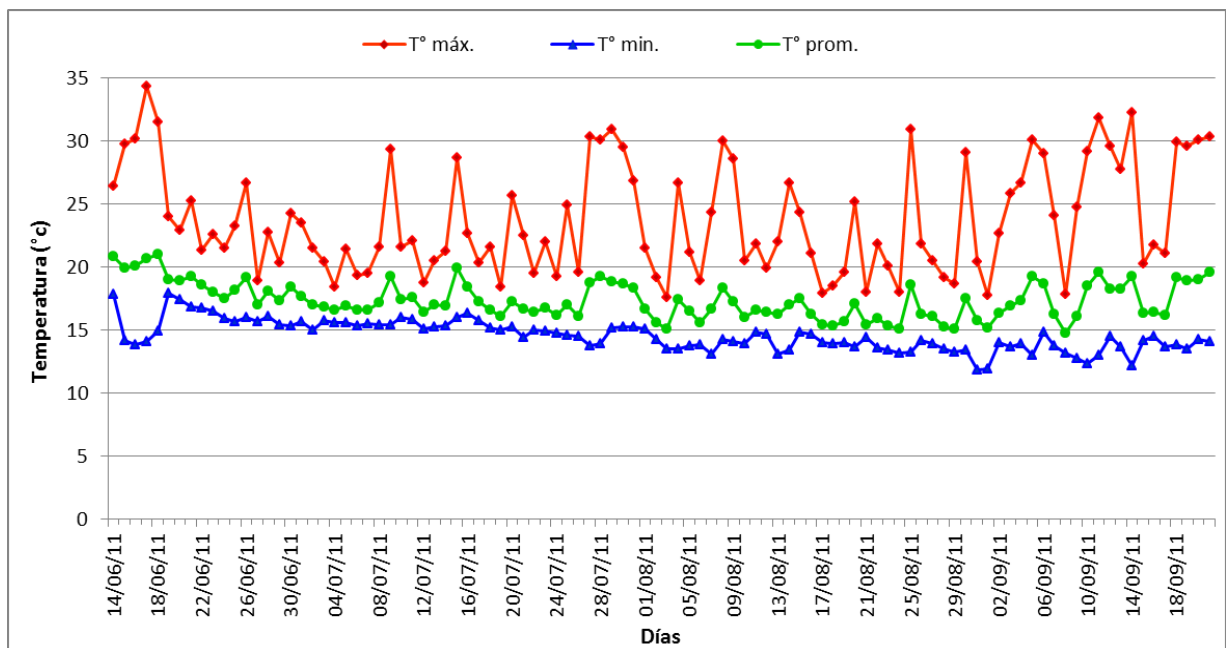
Temperatura (°C)	Parámetros					
	GRR	$R_0$	$r_m$	$\lambda$	T (GL)	DT
15	13.94	6.94	0.024	1.024	82.39	29.48
18	83.87	52.67	0.077	1.080	51.58	9.02
20	110.36	74.25	0.108	1.114	39.95	6.43
25	107.52	73.85	0.176	1.192	24.50	3.95
30	5.28	3.00	0.055	1.057	19.92	12.56



**Figura 42. Parámetros de tabla de vida de *E. tabacivora* a cinco temperaturas constantes, mediante la simulación determinística. Los símbolos son los datos observados.**

### 4.3.2 PARÁMETROS PARA UN CONJUNTO DE TEMPERATURAS FLUCTUANTES

Para la validación del modelo se llevó a cabo una crianza a temperatura fluctuante en la estación de invierno 2011, con la ubicación geográfica del CIP - La Molina (Lima, Perú), a continuación, en la figura 43 se presenta el comportamiento de las temperaturas máximas, mínimas y promedios diarios registrados durante la ejecución del experimento.



**Figura 43. Temperaturas fluctuantes de la tabla de vida de *E. tabacivora*, de junio a setiembre del 2011.**

Por la época de realización del experimento (invierno) las temperaturas fueron bajas, por ello, el desarrollo de *E. tabacivora* fue más lento. Aun así, fue favorable para el incremento poblacional, pues los datos obtenidos (observados y simulados) mediante el modelo fenológico presentaron valores positivos. Los datos simulados de los parámetros  $GRR$ ,  $R_0$ ,  $r_m$  y  $\lambda$ , fueron más altos que los datos observados, y los parámetros de tiempo simulados fueron más cortos. (Tabla 18).

**Tabla 18: Parámetros de tabla de vida de *E. tabacivora* obtenidos para las temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en La Molina, Lima – Perú.**

Datos	Parámetros					
	GRR	Ro	$r_m$	$\lambda$	GL o T	Dt
Observados	154.12	109.40	0.123	1.131	38.12	5.63
Simulados $\pm$ EE*	174.20 $\pm$ 30.60	115.7 $\pm$ 9.42	0.141 $\pm$ 0.002	1.151 $\pm$ 0.002	33.60 $\pm$ 0.48	4.93 $\pm$ 0.07

\*Valores simulados  $\pm$  Error estándar.

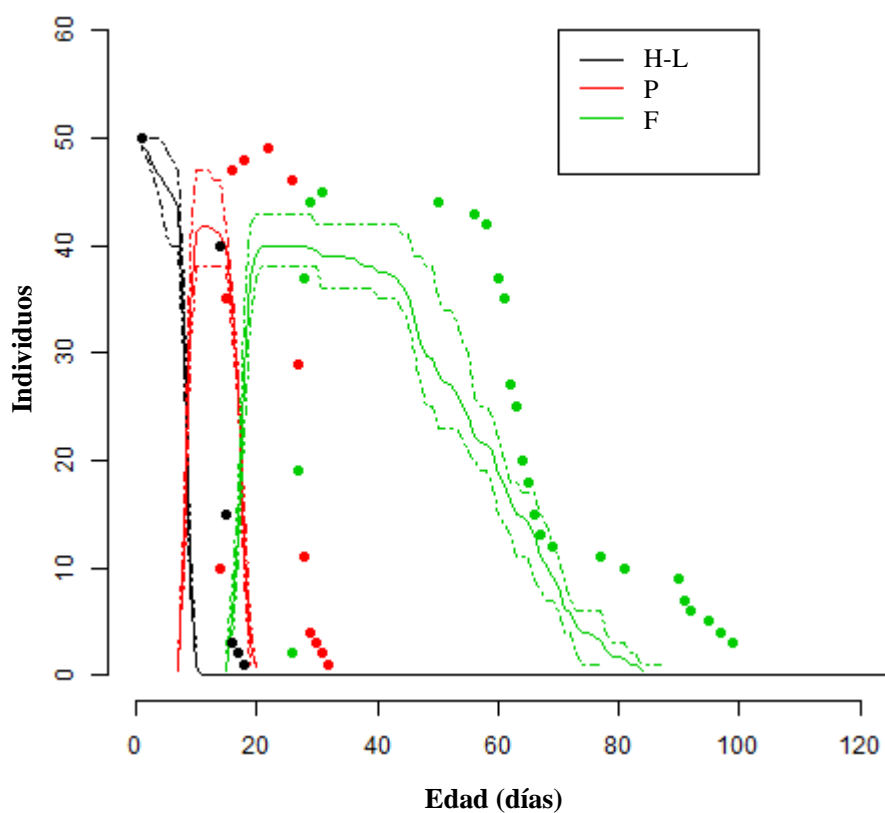
Por otro lado, para el tiempo de desarrollo influenciado por la temperatura fluctuante se observó que *E. tabacivora* tuvo desarrollo completo, se obtuvo que el tiempo de desarrollo observado de huevo-larva y pupa tuvo una duración de 14.25 y 12.69 días respectivamente. La mayor mortalidad observada se presentó en los estados conjuntos de huevo-larva con 14.6%, y en el estado pupa solo murieron el 2% de individuos (Tabla 19).

**Tabla 19: Tiempo de desarrollo, mortalidad e indicador de ajuste de *E. tabacivora* para las temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en La Molina, Lima – Perú.**

		Estado de desarrollo		
		Huevo-Larva	Pupa	Adulto
<b>Tiempo de desarrollo (días)</b>	Observados	14.25	12.69	-
	Simulados	7.90 $\pm$ 0.37	8.99 $\pm$ 0.56	-
<b>Mortalidad (%)</b>	Observados	0.146 $\pm$ 0.11	0.02	-
	Simulados	1 $\pm$ 0	1.00	-
<b>Indicador de ajuste por cada estado</b>	Distancia euclidiana	42.90	89.43	70.88

Con respecto a la tendencia de las curvas estimadas para los tres estados de desarrollo de *E. tabacivora*, se aprecia que los datos observados (puntos negros) de los estados huevo-larva se ajustan mejor a la curva estimada del modelo de simulación (línea negra) a diferencia de los estados de pupa y adulto, donde los datos observados

están por encima de la curva estimada, ello pudo darse debido a la variabilidad en los días de cambios de estado de pupa a adulto y porque la longevidad de cada adulto no fue uniforme, pues fueron influenciados por la variabilidad de las temperaturas máximas que se presentaron durante esos días (Figura 44). Además, el modelo presentó un indicador de ajuste por cada estado de desarrollo que es la distancia euclidiana (distancia entre los puntos observados y estimados), esta fue menor en los estados huevo-larva (42.9), seguido del estado adulto (70.88) y las pupas que presentaron mayor distancia (89.43) (Tabla 19).



**Figura 44. Modelo de validación obtenido de la tabla de vida de *E. tabacivora*, a temperaturas fluctuantes de invierno 2011 en el distrito de La Molina, Lima – Perú.** Las líneas continuas representan a los datos simulados, las líneas punteadas indican el valor máximo y mínimo obtenido en las simulaciones. Los puntos son los datos observados para la tabla de vida. H-L: estado huevo-larval, P: estado pupal, F: hembras.



## V. DISCUSIONES

### 5.1 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y MORFOLOGÍA DE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE *Encarsia tabacivora*

Los huevos recién colocados de *Encarsia tabacivora* tuvieron forma alargada y conforme avanzaron las horas fueron tomando forma alargada-ovalada hasta llegar a ser redondos antes de la eclosión, esta descripción concuerda con la descripción de Silvestre (1995); Myartseva y Evans (2008). Antony *et al.* (2003) y Antony *et al.* (2004), observaron variación del contenido celular y migraciones de núcleos con separaciones de capas membranosas hacia las regiones periféricas durante el desarrollo de los huevos de *Encarsia transvena* Timberlake y *Encarsia bimaculata* Heraty y Polaszek, características similares se encontró para *E. tabacivora* hacia el día 5 de desarrollo del huevo.

Más de un huevo o larva de primer estadio de *E. tabacivora* se encontró en una ninfa hospedera de *B. tabaci*, sin embargo, un solo individuo llegó al estado adulto, observaciones similares se reportaron para *E. bimaculata* (Antony *et al.*, 2004) y *Eretmocerus mundus* (Gerling y Blackburn, 2013). Van Alphen y Visser (1990); Antony *et al.* (2004) sugieren que tener dos o más huevos en un hospedero puede aumentar la probabilidad de producir una descendencia en comparación con los huevos individuales y Hagen y Van den Bosh (1968); Dávila (2011), mencionan que la superparasitación solo se presenta en condiciones de laboratorio.

Las larvas de los Chalcidoidea usualmente son hymenopteriformes. El número de estadios larvales de los Aphelinidae endoparasitoides comúnmente es tres (Myartseva y Evans, 2008). El primer estadio larval de *E. tabacivora* es alargado, transparente y tiene un apéndice caudal con protuberancias en las terminaciones, similares a *E. pergandiella* (Gerling, 1983; Antony *et al.* 2003); pero difiere de *E. transvena* y *E. bimaculata*. En este estudio, en el primer estadio larval no se distinguieron espiráculos respiratorios como lo reportan Myartseva y Evans (2008).

El segundo estadio larval del género *Encarsia* es bastante similar al tercer estadio, pero en las especies endófagos se reducen las vías respiratorias. El tercer y último estadio es muy uniforme y similar a la de otras familias de Chalcidoidea Myartseva y Evans (2008). En este estudio también se encontró similitudes morfológicas entre estos dos estadios, no se observó restos de muda del estadio anterior en la larva III, como sí lo observaron Antony *et al.* (2003) y Antony *et al.* (2004) para *E. transvena* y *E. bimaculata* respectivamente. Para *E. tabacivora* la observación determinante para establecer el cambio de estadio larval fue la presencia de una cola larga en larva I, pérdida de esta cola en larva II y la distinción de los 9 pares espiráculos respiratorios claramente visibles en larva III y la diferencia de tamaños de cada estadio.

La etapa de prepupa y pupa se caracterizan por la ausencia de crecimiento, pero hay una rápida diferenciación de tejidos (Xu *et al.*, 2007; Valencia 2008). La prepupa y pupa de *E. tabacivora* se desarrollan dentro de las ninfas de *B. tabaci*, al igual que muchas especies de endoparásitos de Hymenoptera (Myartseva y Evans, 2008). Se estableció el inicio del estadio de prepupa luego que la larva III descargó los gránulos de meconio a cada lado del hospedero y se quedó inmovilizada. El proceso de melanización de la pupa permitió distinguir la formación de las diferentes estructuras del parasitoide, empezando por los ojos compuestos que en un primer momento son rojizos y luego cambian a negro, la coloración del cuerpo a amarillo oscuro con franjas marrones en el abdomen, la formación de antenas, patas y alas; ya que en todo momento la cubierta del pupario es transparente, dejando ver su desarrollo, lo cual no ocurre en *E. transvena* (Antony *et al.* 2003) ni *E. bimaculata* (Antony *et al.* 2004), sino hasta el final del proceso cuando se derrama la cutícula pupal de color negro que envuelve a la pupa.

Por otro lado, al comparar los resultados de las mediciones corporales obtenidos para *E. tabacivora* con los valores reportados para *E. bimaculata* y *E. transvena* presentados en la tabla 20, se aprecia que el tamaño de los estados de huevo y larva de *E. tabacivora* son mayores que los otros parasitoides, aunque el largo de la larva III de *E. transvena* resultó muy cercano a *E. tabacivora*. Estas diferencias pudieron estar influenciadas por la temperatura de desarrollo, pues la temperatura de crianza fue diferente, en este estudio fue a 20°C y para los dos parasitoides fue un rango de 25 a 30°C, y/o la metodología de disección y montaje, ya que en este estudio el procedimiento de medición se realizó en medio líquido (fucsina ácida diluida en agua). Con respecto al tamaño del estado de pupa, los resultados de largo corporal de *E. tabacivora* fueron similares a *E. bimaculata* y *E. transvena*, pero el ancho corporal de estos parasitoides fue mayor a los resultados presentados en este estudio.

**Tabla 20: Promedio de mediciones del largo y ancho del cuerpo de los estados inmaduros, y largo de la cola de LI de *Encarsia bimaculata*, *Encarsia transvena* y *E. tabacivora* bajo condiciones de laboratorio.**

Estado o estadio	<i>E. bimaculata</i> <sup>1</sup>			<i>E. Transvena</i> <sup>2</sup>			<i>E. tabacivora</i> <sup>3</sup>		
	Largo (mm) (X±EE)	Ancho (mm) (X±EE)	Largo de cola (mm) (X±EE)	Largo (mm) (X±EE)	Ancho (mm) (X±EE)	Largo de cola (mm) (X±EE)	Largo (mm) (X±EE)	Ancho (mm) (X±EE)	Largo de cola (mm) (X±EE)
Huevo	0.168 ± 0.002	0.026 ± 0.015	-	0.161 ± 0.012	0.046 ± 0.006	-	0.190 ± 0.0058	0.134 ± 0.005	-
LI	0.129 ± 0.097	0.052 ± 0.015	0.041 ± 0.012	0.207 ± 0.009	0.081 ± 0.007	0.034 ± 0.012	0.393 ± 0.0091	0.100 ± 0.003	0.045 ± 0.0021
LII	0.267 ± 0.91	0.052 ± 0.019	-	0.345 ± 0.03	0.092 ± 0.007	-	0.456 ± 0.0110	0.157 ± 0.0038	-
LIII	0.487 ± 0.013	0.114 ± 0.009	-	0.552 ± 0.02	0.130 ± 0.009	-	0.567 ± 0.0055	0.214 ± 0.0055	-
Pupa	0.587 ± 0.026	0.330 ± 0.027	-	0.575 ± 0.03	0.391 ± 0.027	-	0.595 ± 0.0025	0.255 ± 0.0061	-

Fuente: <sup>2</sup>Antony *et al.* (2003), <sup>1</sup>Antony *et al.* (2004), <sup>3</sup>Resultados de este estudio.

## 5.2 TABLA DE VIDA DE *E. tabacivora*

### 5.2.1 TEMPERATURA Y SU INFLUENCIA EN EL TIEMPO Y TASA DE DESARROLLO DE LOS ESTADOS INMADUROS

El desarrollo de cada estado inmaduro (huevo-larva y pupa) de *E. tabacivora*, fue influenciado por la temperatura, donde a mayor temperatura, el tiempo de desarrollo fue menor. Similares resultados fueron registrados para *Axinoscymnus cardilobus*, (Huang et al. 2008), *Nephaspis oculatus* (Ren et al., 2002), *Eretmocerus sp.* y *Encarsia formosa* (López y Botto, 1997); todos controladores de moscas blancas (Aleyrodidae). También se encontró la misma relación para controladores de mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* como *Phaedrotoma scabriventris* (Valencia, 2008) y *Chrysocharis flacilla* (Ramírez, 2008); y para controladores de la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* como *Copidosoma koehleri* (López, 2006), *Orgillus lepidus* (Bartra, 2009) y *Apanteles subandinus* (Dávila, 2011).

El tiempo de desarrollo de huevo-adulto también mantiene una relación inversa con la temperatura, así, bajo las temperaturas de 20, 25 y 30°C se obtuvo tiempos de desarrollo de 19.3, 12.7 y 11.2 días respectivamente; sin embargo al comparar estos resultados con el estudio realizado por Malekmohammadi *et al.* (2012) para *Encarsia inaron* (31.71, 19.6 y 15.04 días respectivamente), parasitando *Neomaskellia andropogonis* y bajo las mismas condiciones de temperatura y fotoperiodo, resultaron diferentes a *E. tabacivora*, estas diferencias puedan deberse a las diferentes condiciones de HR, plantas e insectos hospederos, metodologías de crianza, a la manipulación de los insectos durante los experimentos y a los diferentes rangos de adaptación de las especies.

### **5.2.2 LA TEMPERATURA Y LA MORTALIDAD DE ESTADOS INMADUROS**

La mortalidad de los estados inmaduros de *E. tabacivora* también fue afectada por la temperatura. Se observó que las mortalidades aumentaron conforme se aproximan a las temperaturas extremas hasta llegar al 100%, al ser simuladas con el *software* ILCYM los datos tuvieron un comportamiento parabólico, similares comportamientos de datos se registró en los estudios de *Phaedrotoma scabriventris* (Valencia, 2008), *Apanteles subandinus* (Dávila, 2011) y *Delphastus quinculus* (Casana, 2015).

Rabinovich (1980), menciona que la mortalidad se puede expresar de muchas maneras, dependiendo no solo de la finalidad del estudio, sino también del tipo de especie de insecto y de las posibilidades de obtener la información; al respecto, la mortalidad para el estado huevo de *E. tabacivora* no fue tomado en forma individual, debido a que no se pudo precisar con exactitud el tiempo en que el insecto cambió al estado larval, ya que en su condición de endoparásitoide fue imposible obtener esta información sin matar al hospedero; por ello, para este estudio solo se habla de una mortalidad conjunta de huevo-larval, tal como lo reportaron Bartra (2009) para *O. lepidus* y Dávila (2011) para *A. subandinus*. La mortalidad total o por edades se expresa en el porcentaje de individuos muertos en un estado particular en relación con los sobrevivientes del mismo estado, y se utiliza para hacer comparaciones simultáneas entre factores de mortalidad independientes (Rabinovich, 1980), al respecto, los resultados de *E. tabacivora* arrojan que el estado pupa es el que tiene la menor mortalidad; carácter compartido por Dávila (2011).

### **5.2.3 LONGEVIDAD Y SENESCENCIA DE LOS ADULTOS HEMBRAS**

La longevidad de *E. tabacivora* sólo fue evaluada para las hembras, debido a la ausencia de machos. Entre las temperaturas de 15-30°C, la longevidad tuvo relación inversa con la temperatura, este mismo comportamiento también ha sido reportado en diversos estudios sobre el efecto de la temperatura en otros controladores biológicos como *P. scabriventris* (Valencia, 2008), *C. flacilla* (Ramírez, 2008), *C. Koehleri* (López, 2006), *N. oculatus* (Ren, *et al.*, 2002), entre otros, usando el mismo rango de

temperaturas constantes antes mencionados. Al respecto, Smith y Hubbes (1986); Valencia (2008); refieren que la disminución de la longevidad producto del aumento de temperatura de crianza, puede ser atribuida a un incremento en la actividad metabólica de los parasitoides adultos. Por otro lado, Malekmohammadi *et al.* (2012), también encontraron relación inversa entre la temperatura y longevidad para *E. inaron* a temperaturas de 20, 25 y 30°C (22.3, 14.4, 5.2, días respectivamente), parasitando *N. andropogonis* en caña de azúcar con fotoperiodo 12O: 12O y 40-50 de HR. Sin embargo, se aprecia que los valores de longevidad obtenidos para *E. tabacivora* duplican y hasta triplican la longevidad de *E. inaron* a las mismas temperaturas antes mencionadas (52, 32.8, 16.3 días respectivamente), ello podría ser debido a las diferencias de las condiciones experimentales utilizadas (salvo fotoperiodo que fue igual), a las diferentes plagas y plantas hospederas o a condiciones genéticas de cada especie.

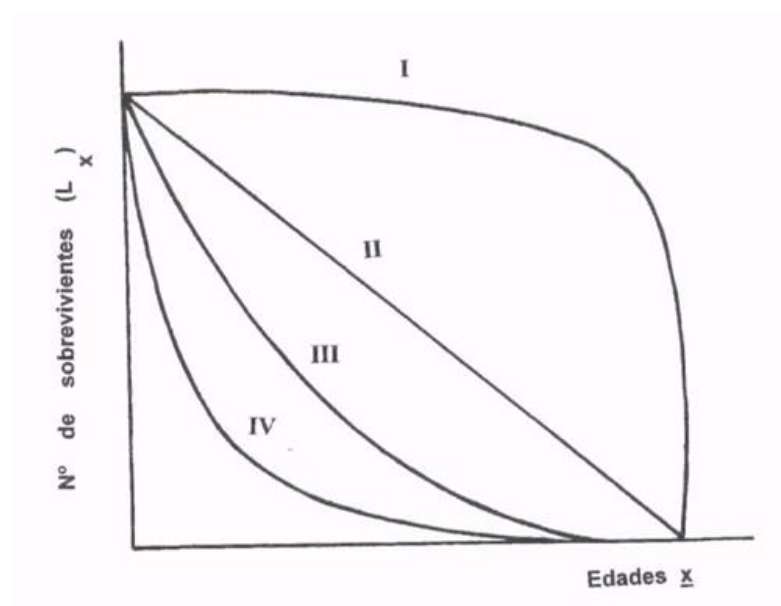
#### **5.2.4 TEMPERATURA Y LA CAPACIDAD DE REPRODUCCIÓN**

La fecundidad total promedio de *E. tabacivora* varió de acuerdo a las temperaturas evaluadas. Se registró una mínima fecundidad a las temperaturas extremas, pero las óptimas fueron 20 y 25°C con 231.3 y 219.3 ninfas parasitadas/hembra a una tasa de oviposición diario promedio de 4.5 y 6.7. Los resultados de fecundidad total superan ampliamente a los datos reportados por Qiu *et al.* (2004) para dos poblaciones de *E. formosa*, pero los datos de oviposición diaria son mayores en 20°C y similares en 25°C a este estudio, similar comparación ocurre con el parasitoide *E. mundus* (Chacón y López, 2010) y el depredador *A. cardilobus* (Huang *et al.*, 2008) (Tablas 2, 3 y 13). Entonces la superioridad de la fecundidad total de *E. tabacivora* estaría explicada por la mayor longevidad de este parasitoide frente a los demás controladores biológicos, también otras razones para la diferencia de fecundidades, puede deberse a las diferencias en la aceptabilidad de las diferentes especies hospederas al controlador biológico, las diferencias entre las plantas hospederas, el tipo de alimentación y a la iluminación. A la temperatura de 12.5°C, *E. tabacivora* no presentó oviposición, estos resultados también fueron compartidos por *E. formosa* que tampoco presentó oviposición a 12°C (Burnett, 1949; Rodríguez, 2009).

Con respecto al periodo de oviposición, los resultados muestran que, a las temperaturas intermedias de 18, 20 y 25°C, *E. tabacivora* puede parasitar inmediatamente después de la emergencia, pero a temperaturas más extremas (15 y 30°C) por lo menos debe esperar horas para hacerlo, en consecuencia, el inicio de la oviposición solo es afectado por temperaturas altas o bajas como sucede con *P. scabriventris* (Valencia, 2008).

### 5.2.5 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA VS EL CICLO DE VIDA Y LA SUPERVIVENCIA POBLACIONAL

Las curvas de supervivencia poblacional por temperatura de *E. tabacivora* determinadas en este estudio, predominantemente fueron del tipo II, solo en 35°C se tuvo la curva tipo IV (curvas de supervivencia propuestas por Rabinovich 1980), de acuerdo con este autor, la curva de tipo II indica un sistema en el cual hay un número constante de individuos que muere por unidad de tiempo, independientemente del número de individuos que ha sobrevivido, y el tipo IV que representa una población en la cual la mortalidad afecta fundamentalmente a los individuos jóvenes de la población (Figura 45).



**Figura 45. Tipos de curvas de supervivencia propuesto por Rabinovich (1980) (I-IV) de un individuo poiquilotermo. FUENTE: Rabinovich, 1980.**

Las curvas de supervivencia permiten describir el patrón de mortalidad a la que está sujeta una población, confirmando que son muy sensibles a las condiciones ambientales, el sexo y el genotipo de los individuos. En condiciones de laboratorio, donde el recurso alimenticio es óptimo y no hay hacinamiento, ni causas externas de mortalidad, es de esperar que los organismos expresen su mayor potencial de supervivencia (Andorno *et al.*, 2007; Duarte *et al.*, 2011). Así para este estudio se encontró que, a 15°C, *E. tabacivora* expresó su máxima supervivencia en el tiempo, pero su máximo potencial fue a 20°C, resultados diferentes para el coleóptero *D. quinculus* (Casana, 2015) pues 28°C presentó su mayor sobrevivencia en el tiempo y a 18°C su máximo potencial.

#### **5.2.6 OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE ADULTOS**

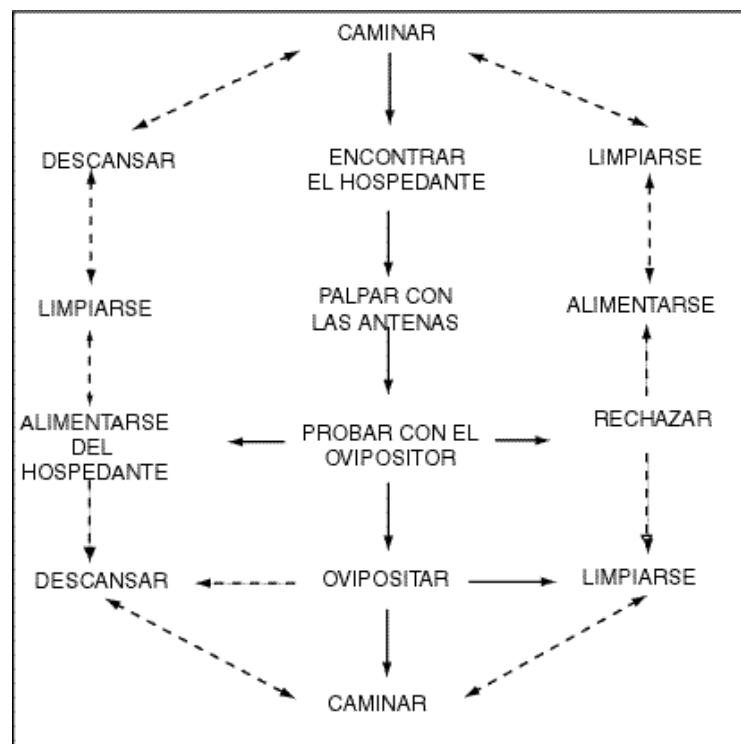
Los parasitoides aphelinidos emergen abriendo un orificio en la cutícula de la ninfa hospedera, ya que estas especies carecen de mandíbulas funcionales (Viggiani, 1984; Myartseva y Evans, 2008). Observaciones similares reportaron Antony *et al.* (2003) y Antony *et al.* (2004), para *E. transvena* y *E. bimaculata* en el hospedero *B. tabaci*, por otro lado, Valencia (2008) observó periodos de mayor actividad de individuos de *P. scabriventris* próximos a emerger; ambos comportamientos observados coinciden con el comportamiento que presentó *E. tabacivora*.

Con respecto a la movilidad, Siqueira, *et al.* (2001) reportaron que la hembra de *E. lutea* recién emergida prefiere estar más tiempo detenida (10 seg.) que caminando (5 seg.) a condiciones de 27.3°C y 65.5% de HR. Al respecto en este estudio solo se hicieron observaciones cualitativas de la movilidad y capacidad de vuelo, observando que a temperaturas altas (30 y 25°C) la hembra de 24 horas de emergida adquiere mucha movilidad y capacidad de vuelo muy veloz, pero por debajo de 15°C estas disminuyen, llegando a inhibir su capacidad de vuelo tal como ocurrió a 12.5°C, temperatura en la cual la hembra solo camina para trasladarse. En consecuencia, la disminución de temperatura es un factor que influye en la movilidad y velocidad de



recorrido. Hoddle *et al.*, 1998, en un reporte sobre el comportamiento de *E. formosa*, también menciona otros factores que afectan la movilidad como: hojas con muchas nervaduras, alta densidad de tricomas, melaza excesiva, encuentros con ninfas adecuadas para la alimentación y el parasitismo, etc.

Siqueira, *et al.*, (2001) también observaron diferentes secuencias de comportamientos de la hembra de *E. lutea* cuando fue expuesta a ninfas de *B. tabaci* biotipo B en tomate, estas son: caminar, encontrar el hospedante, palpar con las antenas, probar con el ovipositor, ovipositar, rechazar, caminar, alimentarse de la secreción de azúcares que expide el hospedante o de los exudados del cuerpo de esta después de que retira el ovipositor, limpiarse y/o descansar (Figura 46). *E. tabacivora* también presentó estos comportamientos en diferentes combinaciones, pero se resalta que la palpación con movimientos circulares de las antenas siempre antecedió a la posición de oviposición, similar a lo que reportan Ávila y Redolfi, (1990) y Siqueira *et al.*, (2001).



**Figura 46. Esquema de los comportamientos de *E. lutea* parasitando *B. tabaci* (biotipo B).** Las flechas de líneas continuas indican la secuencia de los principales comportamientos de selección y oviposición, las flechas discontinuas indican los comportamientos secundarios. FUENTE: Siqueira, *et al.* (2001).

La mayoría de parasitoides pertenecientes al orden Hymenoptera presentan partenogénesis tipo arrenotokia, es decir la descendencia de hembras no apareadas está compuesta solo por machos (De Bach, 1985). Tal es el caso de especies como *Apsilophrys oeceticola* (Ávila y Redolfi, 1990), *E. transvena* (Antony *et al.*, 2003), *E. bimaculata* (Antony *et al.*, 2004). Sin embargo, durante todo el estudio *E. tabacivora* solo tuvo descendencia de hembras, se esperaba que a la evaluación de 12.5°C, la temperatura influya en la descendencia masculina, pero al comparar características morfológicas se observó que eran hembras. Por lo tanto *E. tabacivora* presentó una partenogénesis de tipo telitoquia similar a *E. formosa*, que para este parasitoide es producida por una bacteria llamada *Wolbachia*, que se transmite por el huevo y restaura el estado diploide en los huevos que no han sido fertilizados, produciendo hembras (Zchori-Fein *et al.*, 1992; Rodríguez, 2009).

### **5.3 PARÁMETROS DE LA TABLA DE VIDA DE *E. tabacivora***

#### **5.3.1 PARÁMETROS DE TABLA DE VIDA PARA LAS TEMPERATURAS CONSTANTES**

Los parámetros poblacionales como la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), la tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ), la tasa finita de crecimiento ( $\lambda$ ), el tiempo de generación (T) y el tiempo doble ( $D_t$ ) permiten inferir el potencial reproductivo de una especie. A comparar estos parámetros con los de otras especies se pueden predecir las posibles interacciones entre ellas (Pacheco *et al.*, 2011) o podrían variar dramáticamente dependiendo de la especie controlador, el insecto hospedero, las plantas hospedera y las condiciones ambientales (Liu, 2007).

Para Southwood 1978; Rabinovich, 1980, el significado del valor de la tasa neta de reproducción en ecología de poblaciones, indica el crecimiento ( $R_0 > 1$ ), disminución ( $R_0 < 1$ ) o estabilidad ( $R_0 = 1$ ) de una población de generación en generación. Para este estudio, los valores de  $R_0$  son mayores a la unidad en todas las temperaturas evaluadas donde se tuvo descendencia, lo que indica que la población de *E. tabacivora* se

encuentra en estado de crecimiento. Además, se tuvo un mayor aporte de progenie a las temperaturas de 20 y 25°C con 74.25 y 73.85 hembras hijas/hembra madre cada uno, seguidos de 18, 15 y 30°C con valores de 52.67, 6.94 y 3.0 respectivamente. El resultado obtenido a 25°C es la mitad de lo reportado para *E. formosa* (López y Botto, 1995), pero superiores a *E. bimaculata* reportados en dos plantas hospederas (berenjena y cucarda) a 26°C (Qiu y Ren, 2005) y sobre berenjena a 20, 23, 26, 29 y 32°C (Qiu *et al.*, 2006); así mismo también resultó superior a *E. inaron* (Malekmohammadi *et al.*, 2012) y *E. acadaleyrodus* (Zandi y Shishehbor, 2010), ambos experimentos reportados a temperaturas de 20, 25, 30 y 32°C. Así mismo, haciendo la comparación con otros controladores de *B. tabaci*, encontramos que *E. tabacivora* tiene un Ro superior a *Eretmocerus melanoscutus* (Liu, 2007), y a los coccinélidos *Axinoscymnus cardilobus* (Huang *et al.*, 2008) y *Nephaspis oculatus* (Ren *et al.*, 2002), trabajados en diferentes regímenes de temperatura similares a este estudio; pero es superado por *Eretmocerus mundus* (Chacón y López, 2010) y *Eretmocerus sp.* (López y Botto, 1997). Esta superioridad mostrada puede ser causada por la alta mortalidad de estadíos inmaduros y la baja tasa de oviposición diaria en estudio, en comparación con las poblaciones de *E. mundus* y *Eretmocerus sp.*, mencionados anteriormente.

Tasa de crecimiento finita ( $\lambda$ ) de este estudio fue positiva en todas las temperaturas evaluadas. A 20 y 25°C se obtuvo las tasas más altas con un incremento diario 11.14% y 11.92% de crecimiento aproximado diario, resultados similares a otros controladores de la mosca blanca (Tablas 2 y 3). En términos demográficos el valor de  $\lambda$  está determinado por el ambiente y por el ciclo de vida de las especies, este parámetro caracteriza la dinámica potencial de una población de una forma simplificada y sirve para discutir efectos de escenarios más complejos. Además, sirve como punto de partida de manejo de poblaciones ya sea para reducir la diseminación de la plaga o para incrementar la dispersión de una especie introducida (Neubert y Caswell 2000; García *et al.*, 2005).

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional de *E. tabacivora* fue positiva y se vio muy afectada por la temperatura, aumentando gradualmente con el incremento de la temperatura de 15°C ( $r_m=0.024$ ) a un máximo de 25°C ( $r_m=0.176$ ). Resultados similares también se han reportado para otras especies tales como *E. acaudaleyrodus*, parasitando

*B. tabaci* (Zandi-Sohani y Shishehbor, 2010) y *E. inaron*, parasitando *N. andropogonis* (Malekmohammadi *et al.*, 2012). Sin embargo, este patrón fue diferente para *E. bimaculata*, cuyo valor máximo de  $r_m$  se registró a temperaturas más altas: a 29°C con  $r_m=0.2163$  y a 32°C con  $r_m=0.2062$ , parasitando *B. tabaci* biotipo B (Qui *et al.*, 2006). Messenger (1964); Chacón y López (2010), propuso utilizar la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r_m$ ) como un índice que, al combinar las tasas de desarrollo, reproducción y supervivencia, permita estimar la efectividad potencial de un enemigo natural para controlar su plaga. De este modo, comparando la  $r_m$  máxima entre 25-26°C de *E. tabacivora* registrado en este estudio con su huésped *B. tabaci* biotipo B, la  $r_m$  del parasitoide es superior a las tasas intrínsecas de crecimiento poblacional de la plaga obtenidas por González y Gallardo (1999) sobre pimiento (*Capsicum annuum*), Yang y Chi (2006) sobre hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*) y Manzano *et al.* (2009), sobre frijol verde (*Vicia fava*) ( $r_m=0.152$ ,  $r_m=0.1468$  y  $r_m=0.125$ , respectivamente), esto indica que *E. tabacivora* puede ser un buen agente de control biológico de *B. tabaci* biotipo B hasta 25-26°C, pues a partir de 30°C el valor de  $r_m$  reportado para la plaga es superior al observado en este estudio, por tanto, los resultados sugieren que este parasitoide puede tener un limitado éxito en el control de *B. tabaci* biotipo B en condiciones de altas temperaturas. Sin embargo, el período corto de desarrollo de inmaduros, la alta tasa de supervivencia de inmaduros, la alta capacidad reproductiva y la larga longevidad le confieren a *E. tabacivora* un potencial para ser usado como un agente de control biológico de la plaga en mención.

Por otro lado, si comparamos los parámetros de tabla de vida del parasitoide *E. tabacivora* con los valores de los depredadores coccinélidos *A. cardilobus* (Huang *et al.*, 2008) y *N. oculatus* (Ren *et al.*, 2002), encontramos que los valores de  $r_m$  de los predadores son menores a los encontrados en este trabajo en un rango similar de temperaturas estudiadas (Tabla 3). Al respecto Hassell (1980); García *et al.*, (2005), explican que los insectos depredadores requieren del consumo de una cierta cantidad de presas para poder desarrollarse o cumplir con sus funciones reproductivas, esa necesidad incrementa el riesgo de mortalidad en los diferentes estados inmaduros, afectando también la  $R_0$  y  $\lambda$ ; caso contrario ocurre en los parasitoides, donde la relación parasitoide/huésped es por lo menos 1:1, es decir por cada huésped parasitado se asegura el alimento al inmaduro y la formación de mínimo un adulto.

Con respecto al tiempo de generación (T o GL), también es afectado por la temperatura y disminuye gradualmente con el aumento de la temperatura. El tiempo de generación de la plaga *B. tabaci* biotipo B a 26°C (43.8 días) reportado por Manzano *et al.* (2009) y los reportados por Yang y Chi (2006) a temperaturas de 20, 25 y 30°C (48.6, 28.4 y 22.1 días respectivamente), son mayores a los reportados para *E. tabacivora*, que en el mismo rango de temperaturas tuvo valores de 39.5, 24.5 y 19.92 días, esto se convertiría en una ventaja para el aumento de la población del parasitoide (La Rossa *et al.*, 2002; Navea y Vargas, 2012) frente a la plaga *B. tabaci* biotipo B. Esta misma ventaja también es compartida con *E. bimaculata*, pues a 26°C también presenta resultados similares de T o GL que *E. tabacivora* sobre la misma plaga.

Los días necesarios para duplicar la población (Dt) de *E. tabacivora* también disminuye conforme se incrementa la temperatura hasta 25°C y a partir de 30°C se incrementa, tendencia similar fue encontrada en *E. bimaculata* (Qui *et al.*, 2006). Sin embargo, para *E. acaudaleyrodis* (Zandi-Sohani y Shishehbor, 2010) y *E. inaron* (Malekmohammadi *et al.*, 2012), el incremento de Dt recién empieza a partir de los 32°C. En general los resultados de este parámetro están dentro del rango de valores reportados para otros parasitoides del género *Encarsia* (Tabla 2).

### **5.3.2 PARÁMETROS LA TABLA DE VIDA PARA LAS TEMPERATURAS FLUCTUANTES**

Los resultados de las simulaciones a las temperaturas fluctuantes indican que todos los parámetros de tablas de vida tuvieron comportamientos particulares sin ninguna tendencia a lo mencionado líneas arriba para las temperaturas constantes, ello porque diariamente no se registraron las mismas condiciones ambientales. Estos resultados también permiten conocer si es posible el establecimiento de *E. tabacivora* en áreas con variaciones térmicas similares a las registradas en el CIP (La Molina, Lima) para el desarrollo de poblaciones moderadas.

En la Tabla 21 se presenta un cuadro comparativo de los parámetros de tabla de vida de dos controladores biológicos con *E. tabacivora*, siendo el primero un parasitoide (*A. subandinus*) y el segundo un predator (*D. quinculus*), evaluados en las mismas condiciones geográficas del CIP, pero en años diferentes. Al comparar los resultados de los tres estudios, se observó que *E. tabacivora* tuvo valores altos de los parámetros GRR,  $R_o$ ,  $r_m$  y  $\lambda$ , y valores bajos para los parámetros de tiempo (GL o T y Dt), solo por encima del parámetro de tiempo de generación (GL o T) del parasitoide *A. subandinus* que presentó valores cercanos (21.53 días) a los registrados para *E. tabacivora* (38.12 días). Así mismo, el predator *D. quinculus*, presentó algunos resultados negativos para  $r_m$  y Dt, valores que no son posibles para estos parámetros, estos resultados podrían darse porque este predator fue muy sensible a las variaciones térmicas, además porque las condiciones del manejo del experimento no fueron las mismas o a su condición de predator a diferencia de *E. tabacivora* que es un parasitoide.

**Tabla 21: Comparativo de los parámetros de tabla de vida de los controladores biológicos *Apanteles subandinus* (Hymenoptera: Braconidae), *Delphastus quinculus* (Coleóptera: Coccinellidae) y *Encarsia tabacivora* (Hymenoptera: Aphelinidae) evaluados a temperaturas fluctuantes (La Molina, Lima – Perú).**

Año/ estación de evaluación	Controlador biológico	Especie presa/ hospedera	Parámetros					
			GRR	$R_o$	$r_m$	$\lambda$	GL o T	DT
2008	<i>A. subandinus</i> <sup>1</sup>	<i>Phthorimaea operculella</i>	15.32	3.11	0.05	1.05	21.53	13.16
2010-2011	<i>D. quinculus</i> <sup>2</sup>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	4.77	0.77	-0.005	0.995	57.72	-153.08
2011	<i>E. tabacivora</i> <sup>3</sup>	<i>B. tabaci</i> Biotipo B	154.12	109.40	0.123	1.131	38.12	5.63

Fuente: <sup>1</sup>Dávila (2011), <sup>2</sup>Casana (2015), <sup>3</sup>Resultados de este estudio.

## VI. CONCLUSIONES

- *E. tabacivora* presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva (con tres estadios larvales), pupa y adulto y completan su desarrollo dentro del hospedero. El ciclo de desarrollo de *E. tabacivora* fue  $19.3 \pm 0.17$  días bajo condiciones de 20°C y 70% HR.
- La temperatura afecta el desarrollo y mortalidad de estados inmaduros de *E. tabacivora*. Los estados más críticos en el ciclo biológico del parasitoide fueron los estados conjuntos de huevo-larva por presentar el mayor tiempo de duración y porcentaje de mortalidad.
- *E. tabacivora* completa su desarrollo de huevo a adulto a temperaturas entre 12.5-30°C, pero no en temperaturas extremas por debajo de 10°C y sobre 35°C.
- La mayor mortalidad de huevo-larva y pupa fue 44% y 25% a 12.5°C y la mortalidad más baja de ambos estados fue 2% a 20 y 25°C respectivamente.
- La longevidad entre 15 y 30°C disminuyó con el aumento de la temperatura de 72.4 a 16.3 días, respectivamente. La máxima fecundidad fue 231.3 y 219.3 ninfas parasitadas/hembra a 20 y 25°C respectivamente.
- De acuerdo a las simulaciones determinísticas realizadas por el software ILCYM para las temperaturas constantes, el rango de temperaturas óptimo para el desarrollo de las tablas de vida de *E. tabacivora* se encuentra entre 20 y 25°C.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios de tablas de vida sobre otros cultivos que también son atacados por *B. tabaci* biotipo B.
- También se recomienda realizar estudios biológicos del parasitoide *E. sophia*, que a pesar de no ser muy agresivo comparado con *E. tabacivora*, en Perú se encuentra naturalmente parasitando *B. tabaci* biotipo B.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHATA, J. (2006). Tamizado de patogenicidad de 20 aislamientos de *paecilomyces fumosoroseus* para el control de *Bemisia tabaci* biotipo B en camote. Tesis para optar el título profesional de licenciado en Biología. Lima-Perú, UNALM. 128 p.
2. ANTONY, B., PALANISWAMI, M.S., HENNEBERRY, T. J. (2003). *Encarsia transvena* (Hymenoptera: Aphelinidae) development on different *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) instars. Environ. Entomol. 32 (3): 384–391.
3. ANTONY, B., PALANISWAMI M.S., KIRK A.A., y HENNEBERRY, T. J. (2004). Development of *Encarsia bimaculata* (Heraty and Polaszek) (Hymenoptera: Aphelinidae) in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) nymphs. Biological Control 30: 546–555.
4. ÁVILA, C. Y REDOLFI, I. (1990). Biología de *Apsilophrys oeceticola* (Hymenopt.: Encyrtidae) parasitoide de *Pebops sp.* (Lepidopt.: Cosmopterygidae). Rev. Per. Ent. 33: 133-118.
5. BARTRA, C. (2009). Estudios biológicos y efecto de la temperatura sobre *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de la polilla de la papa *Phthorimaea opercuella* Zeller (Lepidoptera: Gelichiidae). Tesis para optar el título de licenciado en biología. Lima-Perú, UNFV. 125 p.
6. BELLOWS, J. R., PERRING, T., GILL, R., HEADRICK, H. (1994). Description of a Species of *Bemisia* (Homóptera; Aleyrodidae) Departament of Entomology, University of California, Riverside, CA. 92521 Ann. Entomol. Soc. Am. 87 (2): 195-206.

7. CARABALI, A. (2004). Potencial de resistencia de diferentes genotipos de yuca *Manihot esculenta* crantz al “biotipo b” de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Tesis de grado para optar al título de Magíster en Ciencias Biológicas. Cali – Colombia, Universidad del Valle. 86 p.
8. CASANA, A. N. (2015). “Efecto de la temperatura sobre el desarrollo, longevidad y fecundidad de *Delphastus quinculus* (Gordon, 1994) (Coleoptera: Coccinellidae) predador de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae) en papa *Solanum tuberosum* var. Canchan INIA”. Tesis para obtener el grado de magíster en entomología. Lima-Perú, UNALM. 154 p.
9. CHACÓN, Y. y LÓPEZ, S. (2010). Biología de *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoide del complejo *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), en condiciones de laboratorio. Rev. Soc. Entomol. Argent. 69 (1-2): 45-56.
10. DÁVILA, P. W. (2011). Influencia de la temperatura sobre el ciclo biológico de *Apanteles subandinus* Blanchard (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *Pthorimaea operculella* Zeller. Tesis para obtener el título de licenciado en biología. Lima Perú, UNFV. 135 p.
11. DE BACH, P. (1985). Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. Editorial Continental. México D. F. 949 p.
12. DÍAZ, F.; TERNERO, L. (2002). *Encarsia pergandiella* parasitoide de *Bemisia argentifolii* en la región Chavimochic. Sociedad Entomológica del Perú. Resúmenes Convención Nacional de Entomología. Lima - Perú. p. 111.
13. DUARTE, L.; CEBALLOS, M.; BAÑOS, H.; SÁNCHEZ, A.; MIRANDA, I.; MARTÍNEZ, M. (2011). Biología y tabla de vida de *Myzus persicae* (sulzer) (Hemíptera: aphididae) en condiciones de laboratorio. Rev. Protección Veg. 26 (1): 1-4.
14. GAMARRA H., MUJICA N, CARHUAPOMA P., H. JUAREZ., J KREUZE., KROSCHER J. 2015. *Encarsia tabacivora* (Viggiani, 1985). In: Pest Distribution

and Risk Atlas for Africa- Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. In: Kroschel, J., M. Sporleder, H. Tonnang, N. Mujica, P. Carhuapoma, H. Juarez, B. Le Ru, H. Rachid (eds.). CIP, Lima, Peru.

15. GARCÍA, J., BENÍTEZ, E., LÓPEZ-ÁVILA, A. (2005). Tabla de vida de *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae) en la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología* 31(2): 155-160.
16. GENEROSO, A. R., (2006). Distribuição espacial de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) e comportamento de forrageamento do parasitóide *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae): implicações para o manejo da mosca-branca. Tese para a obtenção do título de Doutora em Ciências- Área: Entomologia. Ribeirão Preto, São Paulo – USP. p 3.
17. GERLING, D., BLACKBURN, MICHAEL B. (2013). Immature development of *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Arthropod Structure & Development* 42: 309-314.
18. HODDLE, M. S., VAN DRIESCHE, R. G. Y SANDERSON, J. P. (1998). Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 645–69.
19. HUANG, Z., REN, SX., MUSA, P. (2008). Effects of temperature on development, survival, longevity, and fecundity of the *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) predator, *Axinoscymnus cardilobus* (Coleoptera: Coccinellidae) *Biological Control* 46: 209-215.
20. LÓPEZ – ÁVILA, A. (2005). Biología y control biológico de las moscas blancas. Conferencia presentada en el Seminario Tecnológico sobre Mosca Blanca, Centro de Investigación Nataima, Corpoica, Espinal - Tolima - Colombia. 26 p.
21. LÓPEZ, S. y BOTTO, E. (1995). Parámetros biológicos del parasitoide *Encarsia formosa* [Hymenoptera: Aphelinidae] en condiciones de laboratorio. *Ecología Austral.* 5: 105-110.

22. LÓPEZ, S. and BOTTO, E. (1997). Biology of a South American Population of *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) Attacking the Greenhouse Whitefly. *Biological Control* 9 (1): 1-5.
23. LÓPEZ, E. (2006). Influencia de la temperatura en el ciclo biológico de *Copidosoma koehleri* Blanchard parasitoide de *Phthorimaea operculella* (Zeller). Tesis para optar el título de Licenciado en biología. Lima, Perú, UNFV. 80 p.
24. LORENZO, M. (2013). Preferencia de planta hospedera y potencial biótico de *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* en tomate y pimiento. Tesis para obtener el grado de Magíster en Ciencias Agrarias - Ciencias Vegetales. Montevideo – Uruguay, UDELAR. 70 p.
25. LUO, CH. and LIU, TX. (2011). Fitness of *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Science* 18: 84–91.
26. LIU, TX. (2007). Life history of *Eretmocerus melanoscutus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing nymphs of *Bemisia tabaci* Biotype B (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol. Control* 42: 77-85.
27. MALEKMOHAMMADI, A., SHISHEHBOR, P., KOCHEILI, F. 2012. Influence of constant temperatures on development, reproduction and life table parameters of *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Neomaskellia andropogonis* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Protection* 34: 1-5.
28. MANZANO, M. R., MOSOS, W. A. Y VÉLEZ C. A. (2009). *Bemisia tabaci* biotype B in bean: Life history parameters and absence of hostparasitoid interaction with *Amitus fuscipennis*.
29. 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. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. Bol. S.E.A., nº 28.147-150.

30. MORALES *ET. AL.* (2006). Manejo integrado de enfermedades de plantas causadas por virus transmitidos por moscas blancas. Centro Internacional De Agricultura Tropical. Publicación n° 351: 43 p.
31. MORENO, R., (2011). Control biológico de moscas blancas en el cultivo de tomate: Interacciones entre sus enemigos naturales. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 143 p.
32. MYARTSEVA, S.N. Y EVANS, G.A. (2008). Genus *Encarsia* Förster of Mexico (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae). A revision, key and description of new species. Departamento de fomento editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Primera edición. Tamaulipas – México. 320 p. (Serie avispa parasíticas de plagas y otros insectos).
33. MYARTSEVA, S.N., RUIZ, C.E. Y CORONADO, B. JM. (2012). Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de importancia agrícola en México. Revisión y claves. Departamento de fomento editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Primera edición. Tamaulipas – México. 400 p. (Serie avispa parasíticas de plagas y otros insectos no. 8).
34. NARREA. M. (2003). Biología y comportamiento de *Bemisia argentifolli* Bellows & Perring en dos especies hospederas de camote (*I. Batatas*) y algodón (*G. barbadense*) bajo condiciones controladas y ambientales. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima – Perú, UNALM. 111 p.
35. NAVEA, D. Y VARGAS, R. (2012). Tasa de Parasitoidismo y Lista de parámetros de Tabla de Vida de *Aphytis diaspidis* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Hemiberlesia lataniae* (Signoret) (Hemiptera: Diaspididae). Chilean J. Agric. Res. 72 (3) 7-9.
36. OLIVEIRA, M.R.V., HENNEBERRY T.J., ANDERSON P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20: 709–723.
37. PACHECO R. I., REFUGIO F. L., RODRÍGUEZ L. E., RAMÍREZ D. M. (2011). Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Sympherobius barberi* Banks

- (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius Opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 27(2): 325-340
38. POLASZEK, A. (1991). Egg parasitism in Aphelinidae (Hymenoptera: Aphelinidae) with special reference to *Centrodora* and *Encarsia* species. *Bulletin of Entomological Research*, 81: 97 – 106.
  39. QIU B.-L., REN S.X., MANDOUR N.S. & LIN L. (2003). Effects of temperature on the development and reproduction of *Bemisia tabaci* B biotype (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomol. Sin.* 10: 43–49.
  40. QIU, Y.-T., VAN LENTEREN J. C., & DROST C. & POSTHUMA-DOODEMAN C.J.A.M. (2004). Life-history parameters of *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* and *E. mundus*, aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera; Aleyrodidae). *Eur. J. Entomol.* 101: 83-94.
  41. QIU, B.-L. Y REN, SX. (2006). Effect of host plants on the development, survivorship and reproduction of *Encarsia Bimaculata* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Entomológica Sinica.* 48 (3): 365-369.
  42. RABINOVICH J. E. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales. Capítulo 5. Editorial CECSA. Caracas (Venezuela). 313 p.
  43. RAMÍREZ, M. (2008). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo, longevidad y fecundidad de *Chrysocharis flacilla* Walker (Hym.: Eulophidae) parasitoide de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Dip.; Agromyzidae), “mosca minadora de la papa”. Tesis para optar el título de licenciado en biología. Lima – Perú, UNALM.
  44. REN, SX., STANSLY, P.A., LIU, TX. (2002). Life history of the whitefly predator *Nephaspis oculatus* (Coleoptera: Coccinellidae) at six constant temperatures. *Biological Control* 23: 262–268.
  45. RODRÍGUEZ, G. M.A. (2009). Evaluación de la reproducción de adultos de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) sometidos a diferentes tiempos de conservación en frío. Trabajo de grado presentado para optar al título de Biólogo. Bogotá – Colombia, Universidad Militar Nueva Granada. 57 p.

46. SALAS, J. y E. ARNAL (2001). *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1899) biotipo B, primer registro para Venezuela utilizando RAPD's-PCR. *Entomotropica*, Boletín de Entomología Venezolana Vol. 16(3): 181-185.
47. SÁNCHEZ, G., (2003). *Ecología de insectos*. Departamento de Entomología. Universidad Nacional Agraria la Molina. 283 p.
48. SIQUEIRA, K. M.M., FARIAS, A. M.I. Y HAJI, F. N.P. (2001). Reconocimiento y oviposición del parasitoide *Encarsia lutea* en *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. 61: 53-59.
49. SORENSEN, K. (2009). Sweetpotato insects: identification, biology and management. p 161 – 188. En: Loebenstein, G.; Thottappily, G. (Ed.). 2009. *The Sweetpotato*. Springer. 522 p.
50. SPORLEDER, SIMON, R; GONZÁLES, J; CARHUAPOMA, P; JUÁREZ, H; DE MENDIBURU, F; KROSCHER, J. (2009). ILCYM. Insect Life Cycle Modeling. Programa para el desarrollo de modelos de fenología basados en la temperatura con aplicaciones regionales y evaluaciones de riesgo de plagas. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 62 p.
51. STOUTHAMER, R. Y MAK, F. (2002). Influence of antibiotics on the offspring production of the *Wolbachia*-infected parthenogenetic parasitoid *Encarsia formosa*. *Journal of Invertebrate Pathology* 80: 41–45.
52. VALENCIA, C. (2008). Efecto de la Temperatura sobre el desarrollo, longevidad y fecundidad de *Phaenobotrya scabriventris* (Nixon) (Hym.: Braconidae) Parasitoide de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Dip.: Agromyzidae)". Tesis para optar por el título de biólogo. Lima – Perú, UNALM. 109 p.
53. VALENCIA, L. (2000). *La mosca Blanca en la Agricultura Peruana*. Industria. Gráfica Cimagraf Ltda. Lima – Perú. 133 p.
54. VERGARA, C.C., NARREA, C.M., MUJICA, M.N. (1998). *Bemisia argentifolii* Bellows y Perring, 1994 (Homop.: Aleyrodidae), nueva plaga del zapallo *Curcubita máxima* en el Perú. En: Resúmenes y programa de la XL Convención Nacional de Entomología. 8-12 noviembre 1998. Lima- Perú.

55. VISCARRET, M., LÓPEZ, S. (2003). Biological studies on *Encarsia porteri* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae) a heterotrophic parasitoid of the *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Biological Control* 30: 236-240.
56. WILLIAMS, T. (1995). The Biology of *Encarsia tricolor*: An Autoparasitoid of Whitefly. *Biological Control* 5: 209-217.
57. YANG, T. CH, y CHI, H. (2006). Life Tables and Development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at Different Temperatures. *J. Econ. Entomol.* 99 (3): 691-698.



## IX. ANEXOS

### ANEXO 1: Análisis ILCYM de la frecuencia de desarrollo de los estados conjuntos de huevo-larva.

#### ESTIMATION OF PARAMETERS

Family: binomial

Link function: logit

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
Temperature 15	-84.883	6.048	-14.035	1e-04
Temperature 18	-70.170	5.035	-13.936	1e-04
Temperature 20	-62.303	4.452	-13.994	1e-04
Temperature 25	-48.845	3.477	-14.048	1e-04
Temperature 30	-47.179	3.387	-13.930	1e-04
Slope	26.313	1.871	14.062	1e-04

#### SELECTION CRITERIA

	Deviance	AIC	MSC	R_Squared	Adj_R_squared
probit	44.92267	113.902	-0.636	0.971	0.966
logit	29.69907	98.678	-0.581	0.984	0.981
cloglog	93.18287	162.162	-0.894	0.903	0.888

#### ESTIMATED

T°	Log_median	Log_lower	Log_upper	Days	Lower	Upper	SD	SE
15	3.226	3.193	3.259	25.177	24.366	26.014	1.850	0.197
18	2.667	2.634	2.699	14.393	13.930	14.872	0.610	0.076
20	2.368	2.335	2.401	10.674	10.330	11.029	0.738	0.081
25	1.856	1.824	1.889	6.400	6.194	6.613	0.000	0.000
30	1.793	1.760	1.826	6.007	5.814	6.207	0.141	0.020

#### OBSERVED

Temperature	Days_obs	SD_obs	SE_obs
15	25	2.449	0.397
18	15	1.013	0.160
20	11	0.902	0.129
25	7	0.255	0.038
30	6	0.647	0.105

## ANEXO 2: Análisis ILCYM de la frecuencia de desarrollo del estado pupa.

### ESTIMATION OF PARAMETERS

Family: binomial

Link function: logit

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
Temperature 15	-46.406	3.293	-14.092	1e-04
Temperature 18	-36.868	2.609	-14.133	1e-04
Temperature 20	-31.224	2.232	-13.990	1e-04
Temperature 25	-25.464	1.830	-13.916	1e-04
Temperature 30	-22.009	1.584	-13.894	1e-04
Slope	15.467	1.086	14.247	1e-04

### SELECTION CRITERIA

	Deviance	AIC	MSC	R_Squared	Adj_R_squared
probit	44.57124	119.255	-0.613	0.939	0.930
logit	39.28059	113.965	-0.572	0.949	0.942
cloglog	53.13864	127.823	-0.664	0.918	0.906

### ESTIMATED

T°	Log_median	Log_lower	Log_upper	Days	Lower	Upper	SD	SE
15	3.000	2.945	3.056	20.093	19.013	21.235	2.626	0.321
18	2.384	2.328	2.439	10.845	10.262	11.461	1.180	0.121
20	2.019	1.964	2.074	7.529	7.125	7.957	0.798	0.093
25	1.646	1.591	1.702	5.188	4.909	5.483	0.338	0.043
30	1.423	1.368	1.478	4.149	3.926	4.385	0.248	0.031

### OBSERVED

Temperature	Days_obs	SD_obs	SE_obs
15	21	1.549	0.278
18	11	1.697	0.283
20	8	1.032	0.152
25	6	0.621	0.095
30	5	0.577	0.096

### ANEXO 3: Análisis ILCYM de la tasa de desarrollo conjunto de los estados huevo-larva.

#### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Model name: Tb Model (Logan)

Method: Marquardtr

Formula:  $r(T) = sy \cdot \exp(b \cdot (T - Tb) - \exp(b \cdot (T - Tb) / DTb))$

#### Parameters

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
sy	0.0421	0.00424	9.931	7.918825e-07
b	0.2997	0.01709	17.53	2.185482e-09
Tb	10.355	0.02654	390.1	0.000000e+00
DTb	3.9062	0.29388	13.29	4.040816e-08

#### Analysis of variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	3	0.0362	0.0121	892.8607	0
Error	11	0.0001	0.0000		
Total	14	0.0363			

#### Selection criteria

R2	0.9960
R2_Adj	0.9950
SSR	0.0001
AIC	-27.9290
MSC	-0.5430

### ANEXO 4: Análisis ILCYM de la tasa de desarrollo conjunto del estado pupa.

#### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Model name: Tb Model (Logan)

Method: Marquardtr

Formula:  $r(T) = sy \cdot \exp(b \cdot (T - Tb) - \exp(b \cdot (T - Tb) / DTb))$

#### Parameters

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
sy	0.0348	0.00807	4.316	1.223778e-03
b	0.2682	0.02877	9.322	1.484172e-06
Tb	6.8349	0.07104	96.22	0.000000e+00
DTb	4.2694	0.82394	5.182	3.029582e-04

#### Analysis of variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	3	0.0697	0.0232	166.482	0
Error	11	0.0015	0.0001		
Total	14	0.0712			

#### Selection criteria

R2	0.9780
R2_Adj	0.9730
SSR	0.0015
AIC	-16.2540
MSC	-0.5840

## ANEXO 5: Análisis ILCYM de la mortalidad conjunta de los estados huevos-larvas.

### MORTALITY FOR TEMPERATURE

T°	Mortality
15	0.24
18	0.20
20	0.02
25	0.12
30	0.24

### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Method: Marquardttr

Formula:  $m(T) = 1 - 1 / (\exp((1 + \exp(-(x - T_{opt})/B)) \cdot (1 + \exp(-(T_{opt} - x)/B)) \cdot H))$

### Parameters

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
T <sub>opt</sub>	22.6209	0.50105	45.15	0.00000
B	3.5552	0.64745	5.491	0.00076
H	0.0272	0.00708	3.835	0.00431

### Analysis of Variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	2	0.0331	0.0166	6.6881	0.0297
Error	6	0.0149	0.0025		
Total	8	0.0480			

### Selection criteria

R <sup>2</sup>	0.6903
R <sup>2</sup> Adj	0.5871
SSR	0.0149
AIC	-24.1137
MSC	-1.0772

## ANEXO 6: Análisis ILCYM de la mortalidad conjunta del estado pupa.

### MORTALITY FOR TEMPERATURE

T°	Mortality
15	0.184
18	0.100
20	0.061
25	0.023
30	0.053

### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Method: Marquardttr

Formula:  $m(T) = 1 - 1 / (\exp((1 + \exp(-(x - T_{opt})/B)) \cdot (1 + \exp(-(T_{opt} - x)/B)) \cdot H))$

**Parameters**

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
Topt	25.5692	0.71992	35.52	0.00040
B	3.4218	0.32457	10.54	0.00444
H	0.0086	0.00129	6.67	0.01087

**Analysis of Variance**

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	2	0.0153	0.0076	76.1944	0.013
Error	2	0.0002	0.0001		
Total	4	0.0155			

**Selection criteria**

R2	0.9870
R2_Adj	0.9741
SSR	0.0002
AIC	-28.4347
MSC	-1.2423

**ANEXO 7: Análisis ILCYM de la longevidad de las hembras.****ESTIMATION OF PARAMETERS**

Family: binomial

Link function: cloglog

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
Temperature 15	-17.085	0.462	-36.986	1e-04
Temperature 18	-16.189	0.440	-36.804	1e-04
Temperature 20	-15.834	0.427	-37.085	1e-04
Temperature 25	-14.002	0.383	-36.571	1e-04
Temperature 30	-11.145	0.311	-35.867	1e-04
Slope	3.929	0.106	37.070	1e-04

**SELECTION CRITERIA**

	Deviance	AIC	MSC	R_Squared	Adj_R_squared
probit	112.69843	545.449	-0.118	0.967	0.966
logit	116.87096	549.622	-0.118	0.966	0.966
cloglog	80.00729	512.758	-0.093	0.974	0.973

**ESTIMATED**

T°	Log_median	Log_lower	Log_upper	Days	Lower	Upper	SD	SE
15	4.255	4.049	4.461	70.474	57.366	86.578	17.375	1.967
18	4.027	3.821	4.233	56.104	45.668	68.924	12.564	1.405
20	3.937	3.731	4.143	51.254	41.721	62.966	11.851	1.359
25	3.471	3.265	3.676	32.155	26.174	39.502	6.554	0.762
30	2.743	2.537	2.949	15.538	12.648	19.088	3.399	0.371

**OBSERVED**

Temperature	Days_obs	SD_obs	SE_obs
15	69.0	20.026	3.597
18	55.5	16.790	2.798
20	53.5	13.120	1.934
25	33.0	8.243	1.257
30	17.0	3.505	0.584

## ANEXO 8: Análisis ILCYM de la tasa de senescencia de adultos.

### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Model name: Exponential simple

Method: Marquardtr

Formula:  $r(T) = b1.exp(b2.T)$

#### Parameters

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
b1	0.002	0.00060	3.364	0.043605416
b2	0.1145	0.01071	10.68	0.001752373

#### Analysis of variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	1	0.0017	0.0017	147.7194	0.0012
Error	3	0.0000	0.0000		
Total	4	0.0017			

#### Selection criteria

R2	0.980
R2_Adj	0.973
SSR	0.000
AIC	-39.362
MSC	-0.764

## ANEXO 9: Análisis ILCYM de la capacidad de oviposición total.

### FECUNDITY FOR TEMPERATURE

T°	Fecundity
15	31.00000
18	162.80556
20	230.26087
25	219.37209
30	10.30556

### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Method: Newton

Formula:  $f(T) = aT^2+bT+c$

#### Parameters

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
a	-4.04889	0.13650	-29.66257	0.00113
b	181.02191	6.20824	29.15832	0.00117
c	-1775.93397	67.23131	-26.41528	0.00143

#### Analysis of Variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	2	43144.4218	21572.2109	447.7787	0.0022
Error	2	96.3521	48.1761		
Total	4	43240.7739			

#### Selection criteria

R2	0.9978
R2_Adj	0.9955
SSR	96.3521
AIC	36.9822
MSC	-1.2022

## ANEXO 10: Análisis ILCYM de la oviposición relativa.

### NONLINEAR REGRESSION MODEL

Method: Marquardttr

Formula:  $O(E) = p\gamma(x, a, b)$

#### Parameters

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t )
a	3.192	0.16163	19.75	0
b	5.4366	0.28786	18.89	0

#### Analysis of Variance

	DF	SS	MS	Fc	p
Model	1	65.8504	65.8504	9945.789	0
Error	738	4.8862	0.0066		
Total	739	70.7366			

#### Selection criteria

R2	0.9309
R2_Adj	0.9308
SSR	4.8862
AIC	-1608.9382
MSC	-0.0612

## ANEXO 11: Análisis de las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier.

### Temperatura de 10°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	lower 95% CI	upper 95% CI
9	50	5	0.90	0.0424	0.821	0.987
12	45	2	0.86	0.0491	0.769	0.962
18	43	1	0.84	0.0518	0.744	0.948
20	42	2	0.80	0.0566	0.696	0.919
21	40	2	0.76	0.0604	0.65	0.888
23	38	5	0.66	0.0670	0.541	0.805
28	33	2	0.62	0.0686	0.499	0.770
31	31	3	0.56	0.0702	0.438	0.716
34	28	2	0.52	0.0707	0.398	0.679
36	26	8	0.36	0.0679	0.249	0.521
37	18	2	0.32	0.0660	0.214	0.479
38	16	3	0.26	0.0620	0.163	0.415
39	13	1	0.24	0.0604	0.147	0.393
40	12	12	0.00	NaN	NA	NA

### Temperatura de 12.5°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	Lower 95% CI	upper 95% CI
9	50	1	0.98	0.01980	0.942	1.000
12	49	2	0.94	0.03360	0.876	1.000
14	47	1	0.92	0.03840	0.848	0.998
15	46	2	0.88	0.04600	0.794	0.975
18	44	2	0.84	0.05180	0.744	0.948
20	42	3	0.78	0.05860	0.673	0.904
21	39	1	0.76	0.06040	0.650	0.888
22	38	1	0.74	0.06200	0.628	0.872
23	37	3	0.68	0.06600	0.562	0.822
24	34	1	0.66	0.06700	0.541	0.805
25	33	1	0.64	0.06790	0.520	0.788
27	32	2	0.60	0.06930	0.479	0.752
34	30	1	0.58	0.06980	0.458	0.734
35	29	1	0.56	0.07020	0.438	0.716
60	28	1	0.54	0.07050	0.418	0.697
66	27	1	0.52	0.07070	0.398	0.679
69	26	1	0.50	0.07070	0.379	0.660
70	25	1	0.48	0.07070	0.360	0.641
72	24	1	0.46	0.07050	0.341	0.621
74	23	1	0.44	0.07020	0.322	0.602
76	22	1	0.42	0.06980	0.303	0.582
78	21	1	0.40	0.06930	0.285	0.562
91	20	2	0.36	0.06790	0.249	0.521
109	18	1	0.34	0.06700	0.231	0.500
111	17	2	0.30	0.06480	0.196	0.458
114	15	1	0.28	0.06350	0.180	0.437
117	14	1	0.26	0.06200	0.163	0.415
120	13	1	0.24	0.06040	0.147	0.393
123	12	1	0.22	0.05860	0.131	0.371
127	11	1	0.20	0.05660	0.115	0.348
129	10	1	0.18	0.05430	0.100	0.325
130	9	1	0.16	0.05180	0.085	0.302
131	8	1	0.14	0.04910	0.070	0.278
132	7	5	0.04	0.02770	0.010	0.156
133	2	2	0.00	NaN	NA	NA



## Temperatura de 15°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	lower 95% CI	upper 95% CI
11	50	1	0.98	0.0198	0.94195	1.000
16	49	1	0.96	0.0277	0.90719	1.000
18	48	1	0.94	0.0336	0.87643	1.000
19	47	2	0.9	0.0424	0.82057	0.987
22	45	1	0.88	0.046	0.79438	0.975
24	44	1	0.86	0.0491	0.76900	0.962
25	43	1	0.84	0.0518	0.74429	0.948
26	42	1	0.82	0.0543	0.72014	0.934
27	41	2	0.78	0.0586	0.67323	0.904
29	39	1	0.76	0.0604	0.65038	0.888
31	38	1	0.74	0.062	0.62788	0.872
46	37	1	0.72	0.0635	0.60571	0.856
48	36	1	0.7	0.0648	0.58384	0.839
49	35	1	0.68	0.066	0.56225	0.822
50	34	2	0.64	0.0679	0.51987	0.788
55	32	1	0.62	0.0686	0.49906	0.770
81	31	1	0.6	0.0693	0.47848	0.752
93	30	1	0.58	0.0698	0.45813	0.734
96	29	3	0.52	0.0707	0.39843	0.679
98	26	1	0.5	0.0707	0.37896	0.660
99	25	1	0.48	0.0707	0.35971	0.641
101	24	2	0.44	0.0702	0.32185	0.602
105	22	1	0.42	0.0698	0.30324	0.582
107	21	1	0.4	0.0693	0.28486	0.562
109	20	2	0.36	0.0679	0.24877	0.521
115	18	1	0.34	0.067	0.23108	0.500
116	17	2	0.3	0.0648	0.19644	0.458
117	15	2	0.26	0.062	0.16289	0.415
119	13	1	0.24	0.0604	0.14655	0.393
121	12	1	0.22	0.0586	0.13054	0.371
123	11	1	0.2	0.0566	0.11489	0.348
135	10	1	0.18	0.0543	0.09962	0.325
136	9	2	0.14	0.0491	0.07043	0.278
145	7	1	0.12	0.046	0.05665	0.254
147	6	2	0.08	0.0384	0.03125	0.205
151	4	1	0.06	0.0336	0.02003	0.180
152	3	1	0.04	0.0277	0.01029	0.156
154	2	1	0.02	0.0198	0.00287	0.139
157	1	1	0	NaN	NA	NA

## Temperatura de 18°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	Lower 95% CI	upper 95% CI
12	50	2	0.96	0.0277	0.90719	1.000
13	48	2	0.92	0.0384	0.84779	0.998
14	46	4	0.84	0.0518	0.74429	0.948
15	42	1	0.82	0.0543	0.72014	0.934
16	41	1	0.80	0.0566	0.69647	0.919
21	40	1	0.78	0.0586	0.67323	0.904
23	39	1	0.76	0.0604	0.65038	0.888
29	38	1	0.74	0.0620	0.62788	0.872
30	37	1	0.72	0.0635	0.60571	0.856
59	36	2	0.68	0.0660	0.56225	0.822
62	34	3	0.62	0.0686	0.49906	0.770
65	31	1	0.60	0.0693	0.47848	0.752
66	30	3	0.54	0.0705	0.41811	0.697
67	27	1	0.52	0.0707	0.39843	0.679
68	26	1	0.50	0.0707	0.37896	0.660
69	25	1	0.48	0.0707	0.35971	0.641
73	24	1	0.46	0.0705	0.34067	0.621
76	23	1	0.44	0.0702	0.32185	0.602
78	22	3	0.38	0.0686	0.26670	0.541
79	19	1	0.36	0.0679	0.24877	0.521
84	18	2	0.32	0.0660	0.21363	0.479
86	16	1	0.30	0.0648	0.19644	0.458
87	15	1	0.28	0.0635	0.17952	0.437
88	14	1	0.26	0.0620	0.16289	0.415
89	13	1	0.24	0.0604	0.14655	0.393
95	12	1	0.22	0.0586	0.13054	0.371
96	11	1	0.20	0.0566	0.11489	0.348
97	10	1	0.18	0.0543	0.09962	0.325
98	9	1	0.16	0.0518	0.08478	0.302
100	8	1	0.14	0.0491	0.07043	0.278
101	7	1	0.12	0.0460	0.05665	0.254
105	6	1	0.10	0.0424	0.04354	0.230
106	5	1	0.08	0.0384	0.03125	0.205
107	4	1	0.06	0.0336	0.02003	0.180
109	3	1	0.04	0.0277	0.01029	0.156
110	2	1	0.02	0.0198	0.00287	0.139
112	1	1	0.00	NaN	NA	NA

## Temperatura de 20°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	Lower 95% CI	upper 95% CI
12	50	1	0.98	0.0198	0.94195	1.00
21	49	1	0.96	0.0277	0.90719	1.00
23	48	2	0.92	0.0384	0.84779	1.00
47	46	1	0.90	0.0424	0.82057	0.99
49	45	1	0.88	0.0460	0.79438	0.98
50	44	1	0.86	0.0491	0.76900	0.96
53	43	2	0.82	0.0543	0.72014	0.93
55	41	4	0.74	0.0620	0.62788	0.87
57	37	1	0.72	0.0635	0.60571	0.86
59	36	1	0.70	0.0648	0.58384	0.84
61	35	1	0.68	0.0660	0.56225	0.82
62	34	2	0.64	0.0679	0.51987	0.79
64	32	1	0.62	0.0686	0.49906	0.77
66	31	2	0.58	0.0698	0.45813	0.73
68	29	1	0.56	0.0702	0.43801	0.72
69	28	1	0.54	0.0705	0.41811	0.70
70	27	2	0.50	0.0707	0.37896	0.66
71	25	1	0.48	0.0707	0.35971	0.64
72	24	1	0.46	0.0705	0.34067	0.62
73	23	1	0.44	0.0702	0.32185	0.60
74	22	1	0.42	0.0698	0.30324	0.58
75	21	1	0.40	0.0693	0.28486	0.56
76	20	2	0.36	0.0679	0.24877	0.52
78	18	3	0.30	0.0648	0.19644	0.46
79	15	2	0.26	0.0620	0.16289	0.42
80	13	1	0.24	0.0604	0.14655	0.39
81	12	1	0.22	0.0586	0.13054	0.37
82	11	1	0.20	0.0566	0.11489	0.35
83	10	1	0.18	0.0543	0.09962	0.33
84	9	1	0.16	0.0518	0.08478	0.30
85	8	1	0.14	0.0491	0.07043	0.28
86	7	2	0.10	0.0424	0.04354	0.23
89	5	2	0.06	0.0336	0.02003	0.18
90	3	1	0.04	0.0277	0.01029	0.16
92	2	1	0.02	0.0198	0.00287	0.14
96	1	1	0.00	0.0000	NA	NA

## Temperatura de 25°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	Lower 95% CI	upper 95% CI
5	50	1	0.98	0.0198	0.94195	1.000
6	49	2	0.94	0.0336	0.87643	1.000
7	47	3	0.88	0.0460	0.79438	0.975
14	44	1	0.86	0.0491	0.76900	0.962
33	43	4	0.78	0.0586	0.67323	0.904
34	39	1	0.76	0.0604	0.65038	0.888
35	38	1	0.74	0.0620	0.62788	0.872
36	37	2	0.70	0.0648	0.58384	0.839
38	35	3	0.64	0.0679	0.51987	0.788
39	32	2	0.60	0.0693	0.47848	0.752
40	30	3	0.54	0.0705	0.41811	0.697
43	27	1	0.52	0.0707	0.39843	0.679
44	26	3	0.46	0.0705	0.34067	0.621
45	23	3	0.40	0.0693	0.28486	0.562
46	20	1	0.38	0.0686	0.26670	0.541
47	19	1	0.36	0.0679	0.24877	0.521
48	18	1	0.34	0.0670	0.23108	0.500
49	17	1	0.32	0.0660	0.21363	0.479
50	16	1	0.30	0.0648	0.19644	0.458
51	15	2	0.26	0.0620	0.16289	0.415
52	13	2	0.22	0.0586	0.13054	0.371
53	11	1	0.20	0.0566	0.11489	0.348
54	10	4	0.12	0.0460	0.05665	0.254
56	6	1	0.10	0.0424	0.04354	0.230
57	5	3	0.04	0.0277	0.01029	0.156
58	2	1	0.02	0.0198	0.00287	0.139
59	1	1	0.00	NaN	NA	NA

### Temperatura de 30°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	lower 95% CI	upper 95% CI
4	50	5	0.90	0.0424	0.82057	0.987
5	45	3	0.84	0.0518	0.74429	0.948
6	42	3	0.78	0.0586	0.67323	0.904
7	39	1	0.76	0.0604	0.65038	0.888
12	38	2	0.72	0.0635	0.60571	0.856
19	36	1	0.70	0.0648	0.58384	0.839
20	35	2	0.66	0.0670	0.54093	0.805
21	33	1	0.64	0.0679	0.51987	0.788
23	32	2	0.60	0.0693	0.47848	0.752
25	30	3	0.54	0.0705	0.41811	0.697
26	27	1	0.52	0.0707	0.39843	0.679
27	26	3	0.46	0.0705	0.34067	0.621
28	23	7	0.32	0.0660	0.21363	0.479
29	16	5	0.22	0.0586	0.13054	0.371
30	11	4	0.14	0.0491	0.07043	0.278
31	7	2	0.10	0.0424	0.04354	0.230
32	5	4	0.02	0.0198	0.00287	0.139
33	1	1	0.00	NaN	NA	NA

### Temperatura de 35°C

Tiempo	n.risk	n.event	survival	std.err	lower 95% CI	upper 95% CI
1	50	1	0.98	0.0198	0.942	1.000
2	49	9	0.80	0.0566	0.696	0.919
3	40	14	0.52	0.0707	0.398	0.679
4	26	16	0.20	0.0566	0.115	0.348
5	10	7	0.06	0.0336	0.020	0.180
6	6	3	0.00	NaN	NA	NA