

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“CICLO DE DESARROLLO DE *Amblyseius aerialis* (Muma), CON DOS TIPOS DE POLEN Y UN TIPO DE ÁCARO FITÓFAGO, COMO ALIMENTO”**

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

**ROGGER ALEXANDER BONIFACIO ALIAGA**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

Analyzed document	Tesis ciclo de desarrollo de Amblyseius aequalis - Rogger Alexander Bonifacio Aliaga.docx (D142446173)
Submitted	7/27/2022 1:24:00 AM
Submitted by	Clorinda Vergara Cobián
Submitter email	cvc@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	cvc.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

### Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis de Pregrado-Biología de ácaros predadores del cultivo de Palto-Thalia León, 2022.docx

SA

Document Tesis de Pregrado-Biología de ácaros predadores del cultivo de Palto-Thalia León, 2022.docx (D142186333)



1

Submitted by: arodriber@lamolina.edu.pe

Receiver: arodriber.unalm@analysis.arkund.com

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMÍA  
"CICLO DE DESARROLLO DE Amblyseius aequalis (Muma), CON DOS TIPOS DE POLEN Y UN TIPO DE ÁCARO FITÓFAGO COMO ALIMENTO"

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

ROGGER ALEXANDER BONIFACIO ALIAGA

LIMA – PERÚ

2022

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMÍA

"CICLO DE DESARROLLO DE Amblyseius aequalis (Muma), CON DOS TIPOS DE POLEN Y UN TIPO DE ÁCARO FITÓFAGO COMO ALIMENTO"

ROGGER ALEXANDER BONIFACIO ALIAGA

Trabajo de Tesis para optar el título de: INGENIERO AGRÓNOMO Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....

.....

Ing. Mg. Sc. Carlos Cadenas Giraldo PRESIDENTE

Biól. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián ASESORA

.....

.....

Dr. Alexander Rodríguez Berrio

MIEMBRO

Ph. D. Jorge Castillo Valiente MIEMBRO

LIMA – PERÚ 2022

DEDICATORIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“CICLO DE DESARROLLO DE *Amblyseius aerialis* (Muma), CON DOS TIPOS DE POLEN Y UN TIPO DE ÁCARO FITÓFAGO, COMO ALIMENTO”**

**ROGGER ALEXANDER BONIFACIO ALIAGA**

Trabajo de Tesis para optar el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....  
**Ing. Mg. Sc. Carlos Cadenas Giraldo**  
**PRESIDENTE**

.....  
**Biól. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián**  
**ASESORA**

.....  
**Dr. Alexander Rodríguez Berrio**  
**MIEMBRO**

.....  
**Ph. D. Jorge Castillo Valiente**  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Rosalina Aliaga y Julio Bonifacio por su sacrificio y amor.

A mis hermanos Liz, Rudy, Rocío, Christian, Sulma, Mao, Julio y Milagros por todo su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Dr. Alexander Rodríguez Berrio por la confianza y permitirme formar parte del proyecto de ácaros para realizar mi investigación.

A mi asesora Biól. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián por su paciencia, sus consejos y orientación en todo momento.

Al profesor Ing. Mg. Sc. Luis Cruces por ayudarme en el procesamiento de los datos.

A todas aquellas personas que hicieron posible esta investigación.

Y para finalizar, un agradecimiento especial a Thalia León, por los ánimos brindados en todo momento y su apoyo incondicional en el desarrollo y culminación de la tesis.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN .....	1
-----------------------	---

## CAPÍTULO II

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Características de la familia Phytoseiidae.....	3
2.1.1 Ubicación taxonómica y clasificación .....	3
2.1.2 Importancia de la familia .....	4
2.1.3 Morfología de la familia .....	5
2.1.4 Clasificación de los hábitos alimenticios de la familia Phytoseiidae .....	6
2.1.5 Desarrollo y reproducción .....	7
2.2 Aspectos generales del género <i>Amblyseius</i> .....	10
2.2.1 Ciclo de desarrollo de algunas especies de Phytoseiidae .....	10
2.3 <i>Amblyseius aerialis</i> Muma .....	13
2.3.1 Ubicación taxonómica .....	13
2.3.2 Distribución geográfica .....	13
2.3.3 Hospederos .....	14
2.3.4 Ácaros fitófagos asociados .....	14
2.3.5 Ciclo de desarrollo.....	15
2.4 Fuentes alimenticias .....	16
2.4.1 Ácaros fitófagos como alimento .....	17
2.4.2 Polen.....	18
2.4.2.1 Maíz.....	19
2.4.2.2 Alstroemeria .....	20

## CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Lugar de ejecución .....	21
3.2 Materiales.....	21
3.2.1 Material biológico .....	21
3.2.2 Materiales para los bioensayos .....	22
3.2.3 Material vegetal .....	23
3.2.4 Material de limpieza .....	23

3.2.5	Equipos.....	23
3.2.6	Otros.....	24
3.3	Crianza masal de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	24
3.4	Obtención de los tipos de polen.....	25
3.4.1	Polen de maíz .....	25
3.4.2	Polen de alstroemeria.....	26
3.5	Crianza de <i>Oligonychus beeri</i> .....	28
3.6	Preferencia alimenticia de presa .....	29
3.7	Evaluación del ciclo de desarrollo .....	30
3.8	Análisis estadístico .....	32

## CAPÍTULO IV

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	33
4.1	Ciclo de desarrollo de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	33
4.1.1	Ciclo de desarrollo de <i>Amblyseius aerialis</i> con tres tipos de alimentos .....	33
4.1.2	Efecto de la dieta en el desarrollo del macho de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	36
A)	Efecto de la dieta en el estado de huevo .....	36
B)	Efecto de la dieta en el estado de larva .....	37
C)	Efecto de la dieta en el estado de protoninfa.....	38
D)	Efecto de la dieta en el estado de deutoninfa .....	39
E)	Efecto de la dieta en el ciclo total de desarrollo del macho .....	40
4.1.3	Efecto de la dieta en el desarrollo de la hembra de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	42
A)	Efecto de la dieta en el estado de huevo .....	42
B)	Efecto de la dieta en el estado de larva .....	43
C)	Efecto de la dieta en el estado de protoninfa.....	44
D)	Efecto de la dieta en el estado de deutoninfa .....	45
E)	Efecto de la dieta en el ciclo total de desarrollo de la hembra .....	46
4.1.4	Comparación del macho y hembra sobre las diferentes dietas .....	48
A)	Alstroemeria .....	48
B)	Maíz.....	50
C)	Presa .....	51
4.1.5	Consumo de larvas en cada estado de desarrollo de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	54
4.1.6	Preferencia alimenticia de <i>Amblyseius aerialis</i> sobre <i>Oligonychus beeri</i> .....	57
4.1.7	Porcentaje de sexo de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	58

4.1.8	Ventajas y desventajas de los tres tipos de dietas .....	60
4.1.9	Ciclo biológico de <i>Amblyseius aerialis</i> .....	61
CAPÍTULO V		
V.	CONCLUSIONES .....	63
CAPÍTULO VI		
VI.	RECOMENDACIONES .....	65
CAPÍTULO VII		
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	66
CAPÍTULO VIII		
VIII.	ANEXOS .....	74



## ÍNDICE DE TABLAS

### CONTENIDO

	Pág.
Tabla 1: Duración promedio ( $\pm$ DE) en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	34
Tabla 2: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de huevo que dió como origen al macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	36
Tabla 3: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de larva que dió como origen al macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	37
Tabla 4: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de protoninfa que dió como origen al macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	38
Tabla 5: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de deutoninfa que dió como origen al macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	39
Tabla 6: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del ciclo de desarrollo total del macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	40
Tabla 7: Duración promedio en días ( $\pm$ DE) del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros que originaron al macho de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	41
Tabla 8: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de huevo que dió como origen a la hembra de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	42
Tabla 9: Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de larva que dió como origen a la hembra de <i>A. aequalis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen	43

	( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> ) en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	
Tabla 10:	Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de protoninfa que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	44
Tabla 11:	Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del estado de deutoninfa que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	45
Tabla 12:	Duración promedio ( $\pm$ DE) y rango en días del ciclo de desarrollo total de la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	46
Tabla 13:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros que originaron a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	47
Tabla 14:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de alstroemeria ( <i>Alstroemeria</i> sp.), en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	49
Tabla 15:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de maíz ( <i>Zea mays</i> ) en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	50
Tabla 16:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> , en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	51
Tabla 17:	Consumo promedio de individuos ( $\pm$ DE) y rango por los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) en su desarrollo, alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	54
Tabla 18:	Número de individuos promedio consumidos ( $\pm$ DE) en la preferencia alimenticia de <i>A. aerialis</i> sobre todos los estados de desarrollo de la presa <i>Oligonychus beeri</i> en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	57
Tabla 19:	Porcentaje de hembras y machos de <i>Amblyseius aerialis</i> (Phytoseiidae), alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> , polen de alstroemeria y polen de maíz en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	59
Tabla 20:	Ventajas y desventajas de los tres tipos de dieta.	61
Tabla 21:	Parámetros biológicos de <i>Amblyseius aerialis</i> alimentado con polen de alstroemeria en condiciones de laboratorio a $22 \pm 2$ °C y $73 \pm 7$ % de HR.	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CONTENIDO

	Pág.
Figura 1: Muestreo de hojarasca de palto en bolsas ziploc.	22
Figura 2: (A) Materiales usados en la evaluación de los bioensayos, (B) Táper para la crianza masal, (C) Táper para los bioensayos del ciclo de desarrollo.	22
Figura 3: (A) Hojas frescas de acalifa ( <i>Acalypha</i> sp.), (B) Hojas de palto ( <i>Persea americana</i> ).	23
Figura 4: (A) Microscopio estereoscopio Leica EZ4, (B) Secador de muestras de polen.	23
Figura 5: (A) Consumo de polen de maíz, (B) Crianza masal con polen de alstroemeria.	25
Figura 6: Crianza masal de <i>A. aerialis</i> , alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> .	25
Figura 7: (A) Inflorescencia de maíz, (B) Embolsado de la panícula de maíz.	26
Figura 8: Polen de maíz en viales de vidrio.	26
Figura 9: Flores de alstroemeria.	27
Figura 10: Secado de anteras de alstroemeria, (A) Anteras frescas, (B) Anteras en un secador, (C) Anteras secas.	27
Figura 11: Polen de alstroemeria para su almacenamiento.	27
Figura 12: Crianza masal de <i>Oligonychus beeri</i> (A) Táper con los individuos, (B) Individuos de la arañita del palto.	28
Figura 13: Crianza escalonada de <i>Oligonychus beeri</i> .	29
Figura 14: Método usado para determinar la preferencia alimenticia.	30
Figura 15: Unidades experimentales con polen de maíz y alstroemeria.	31
Figura 16: Unidades experimentales con <i>Oligonychus beeri</i> y maíz.	32
Figura 17: Duración promedio ( $\pm$ DE) en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	34
Figura 18: Duración promedio en días del estado de huevo que dió como origen al macho de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	37
Figura 19: Duración promedio en días del estado de larva que dió como origen al macho de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	38
Figura 20: Duración promedio en días del estado de protoninfa que dió como origen al macho de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	39

Figura 21:	Duración promedio en días del estado de deutoninfa que dió como origen al macho de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	40
Figura 22:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total del macho de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	41
Figura 23:	Proceso de muda de la deutoninfa a adulto del macho de <i>Amblyseius aerialis</i> .	42
Figura 24:	Duración promedio en días del estado de huevo que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	43
Figura 25:	Duración promedio en días del estado de larva que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	44
Figura 26:	Duración promedio en días del estado de protoninfa que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	45
Figura 27:	Duración promedio en días del estado de deutoninfa que dió como origen a la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	46
Figura 28:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total de la hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen ( <i>Alstroemeria</i> sp.), maíz ( <i>Zea mays</i> ) y presa ( <i>Oligonychus beeri</i> )] en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	47
Figura 29:	Proceso de muda de la deutoninfa a adulto de la hembra de <i>Amblyseius aerialis</i> .	48
Figura 30:	Hembra de <i>Amblyseius aerialis</i> con las tres mudas de sus diferentes estados.	48
Figura 31:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de alstroemeria ( <i>Alstroemeria</i> sp.), en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	50
Figura 32:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de maíz ( <i>Zea mays</i> ), en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	51

Figura 33:	Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> , en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	52
Figura 34:	Ciclo de desarrollo de <i>Amblyseius aerialis</i> , desde huevo a adulto.	53
Figura 35:	Consumo promedio de individuos por los estados inmaduros del macho y hembra de <i>A. aerialis</i> Muma (Phytoseiidae) en su desarrollo, alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	55
Figura 36:	Capacidad de predación de larvas de <i>Oligonychus beeri</i> por los diferentes estados de desarrollo de <i>Amblyseius aerialis</i> , (A) Larva, (B) Protoninfa, (C) Deutoninfa y (D) Hembra adulta.	55
Figura 37:	Número de individuos promedio consumidos ( $\pm$ DE) en la preferencia alimenticia de <i>A. aerialis</i> sobre todos los estados de desarrollo de la presa <i>Oligonychus beeri</i> en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	58
Figura 38:	Porcentaje de hembras y machos de <i>Amblyseius aerialis</i> (Phytoseiidae), alimentado con presa <i>Oligonychus beeri</i> , polen de alstroemeria y polen de maíz en condiciones de laboratorio a $22 \pm 1$ °C y $69 \pm 5$ % de HR.	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

### CONTENIDO

	Pág.
Anexo 1: Prueba estadística Kruskal - Wallis para el efecto de tres dietas en la duración de cada estado de desarrollo en general de <i>Amblyseius aequalis</i> .	74
Anexo 2: Prueba estadística de Kruskal - Wallis para el efecto de la dieta en el desarrollo del macho de <i>Amblyseius aequalis</i> .	77
Anexo 3: Prueba estadística de Kruskal - Wallis para el efecto de la dieta en el desarrollo de la hembra de <i>Amblyseius aequalis</i> .	80
Anexo 4: Prueba estadística Mann - Whitney para la comparación entre sexos por estado de desarrollo en cada dieta.	83
Anexo 5: Prueba estadística Kruskal - Wallis para el consumo de larvas de cada estado de desarrollo de <i>Amblyseius aequalis</i> .	84
Anexo 6: Prueba estadística de Kruskal - Wallis en la preferencia alimenticia de <i>Amblyseius aequalis</i> .	85
Anexo 7: Proceso de muda de huevo a larva de <i>Amblyseius aequalis</i> .	87
Anexo 8: Proceso de muda de larva a protoninfa de <i>Amblyseius aequalis</i> .	87

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de ácaros del museo de Entomología “Klaus Raven Büller”, del departamento de Entomología, en la Universidad Nacional Agraria La Molina. El objetivo general fue determinar el efecto del tipo de dieta en el ciclo de desarrollo de *A. aerialis* Muma, empleando polen de *Alstroemeria* sp., polen de *Zea mays* y *O. beeri* como presa, a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR. Se colectó especímenes de *A. aerialis* a nivel de hojarasca de palto (*Persea americana* Mill) y se estableció su crianza masal para cada dieta. Los bioensayos fueron acondicionados en recipientes de 3 x 5 cm con huevos recién ovipositados y se evaluó cada 3 horas hasta la emergencia del adulto. La duración del estado de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y ciclo de desarrollo fue el siguiente: con el polen de alstroemeria, 3.05, 1.19, 1.99, 2.08, 8.32 días; con el polen de maíz, 2.55, 1.22, 2.1, 2.31, 8.18 días y con *O. beeri*, 2.66, 1.19, 2.09, 2.05, 7.99 días, respectivamente. Se obtuvo que la duración del periodo de incubación y ciclo de desarrollo fueron estadísticamente diferentes en las tres dietas, para esta última siendo mayor con polen de alstroemeria y menor con *O. beeri*. Con respecto al desarrollo del macho, se determinó que la duración del estado de huevo, está influenciado por el tipo de dieta; mientras que, para la hembra, se encontró diferencias significativas en el estado de deutoninfa. Con referencia a las diferencias entre los sexos, solo se encontró diferencias significativas en la duración del ciclo de desarrollo cuando se alimentó con polen de maíz. La capacidad de predación de larvas de *O. beeri* por *A. aerialis* durante su desarrollo hasta llegar al estado adulto, la hembra consumió más larvas, 37.93; con respecto al macho, 27.61.

Palabras clave: Control biológico, preferencia alimenticia y predación.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the mite laboratory of the "Klaus Raven Büller" Entomology Museum, Department of Entomology, at the Universidad Nacional Agraria La Molina. The general objective was to determine the effect of diet type on the development cycle of *Amblyseius aerialis* Muma, using *Alstroemeria* sp. pollen, *Zea mays* pollen and *Oligonychus beeri* as prey, at  $22 \pm 1$  °C and  $69 \pm 5$  % RH. Specimens of *A. aerialis* were collected from avocado (*Persea americana* Mill) leaf litter and mass rearing was established for each diet. Bioassays were conditioned in 3 x 5 cm containers with freshly oviposited eggs and evaluated every 3 hours until adult emergence. The duration of the egg stage, larva, protonymph, deutonymph, and development cycle was as follows: with alstroemeria pollen, 3.05, 1.19, 1.99, 2.08, 8.32 days; with corn pollen, 2.55, 1.22, 2.1, 2.31, 8.18 days; and with *O. beeri*, 2.66, 1.19, 2.09, 2.05, 7.99 days, respectively. The duration of the incubation period and development cycle were statistically different in the three diets, the latter being longer with alstroemeria pollen and shorter with *O. beeri*. With respect to male development, it was determined that the duration of the egg stage is influenced by the type of diet, while for the female, significant differences were found in the deutonymph stage. With reference to the differences between the sexes, significant differences were only found in the duration of the development cycle when corn pollen was fed. The predation capacity of *O. beeri* larvae by *A. aerialis* during their development until reaching the adult stage, the female consumed more larvae, 37.93; with respect to the male, 27.61.

Key words: Biological control, feeding preference and predation.



## CAPÍTULO I

### I. INTRODUCCIÓN

El ácaro *Amblyseius aerialis* (Muma) pertenece a la familia Phytoseiidae y es un predador generalista del grupo III (Maciel *et al.*, 2018), con más de 100 registros en 19 países (Demite, 2020). Está asociado a diferentes plantas de aproximadamente 8 familias, siendo más común en plantas de la familia Solanaceae (Guanilo *et al.*, 2008; Ramos y Rodríguez, 2006; Aponte y McMurtry, 1993).

*Amblyseius aerialis* ha sido registrada en las siguientes regiones del Perú: Lima, San Martín, Amazonas, Lambayeque, Loreto y Piura (Guanilo *et al.*, 2008; Jiménez, 2014; Muñoz y Rodríguez, 2014). Además, se a encontrado asociada a importantes ácaros plaga a nivel mundial como son *Tetranychus urticae* (Koch), *Panonychus citri* (McGregor), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), *Tetranychus evansi* (Baker) y *Raoiella indica* (Hirst) (Barbosa *et al.*, 2015; Maciel *et al.*, 2017; 2018; Ramos, 1989; Ramos, 1993; Gondim *et al.*, 2012; Muñoz y Rodríguez, 2014 y Forero *et al.*, 2008; citado por Beltrán y Da Silva, 2008).

Para entender los diversos hábitos alimenticios de los ácaros predadores, es necesario realizar estudios de los parámetros biológicos y comprender dentro de una variedad de alimentos cuál es su dieta de preferencia para su crianza en laboratorio. Se han hecho estudios sobre algunos parámetros biológicos de *Amblyseius aerialis* cuando se alimenta con ácaros presa, como son: *B. phoenicis*, *R. indica*, *T. evansi*, *T. urticae*, *P. citri* y polen de *Ricinus communis* L. y *Typha angustifolia* L. (Amaral *et al.*, 2018; Maciel *et al.*, 2018; Ramos, 1989; Ramos, 1993; Beltrán y Da Silva, 2008; Amaral, 2017 y Barbosa *et al.*, 2015); sin embargo, aún faltan hacer estudios con el ácaro fitófago *Oligonychus beeri* Estebanes & Baker como presa y el polen de alstroemeria y maíz como fuentes de alimento, con esto es necesario evaluar su idoneidad y ver el efecto en el ciclo de desarrollo, asimismo pueda ser una alternativa interesante para realizar la crianza en laboratorio para su multiplicación.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* con tres tipos de dieta; polen de maíz, polen de alstroemeria y una especie de ácaro fitófago *Oligonychus beeri* Estebanes & Baker. El estudio del ciclo de desarrollo permite

encontrar una dieta adecuada para su crianza y reproducción en laboratorio, además que permite recopilar mayor información acerca de los hábitos alimenticios de *A. aerialis*.

#### OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de la dieta en el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis*.

#### OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* alimentado con polen de *Alstroemeria* sp.
- Determinar el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* alimentado con polen de *Zea mays*.
- Determinar el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* alimentado con *Oligonychus beeri*.
- Determinar la capacidad de predación de *Amblyseius aerialis* durante su ciclo de desarrollo alimentado con larvas de *Oligonychus beeri*.

## CAPÍTULO II

### II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Características de la familia Phytoseiidae

##### 2.1.1 Ubicación taxonómica y clasificación

A continuación, se va a detallar la clasificación taxonómica según (Krantz y Walter, 2009).

Filo	: Arthropoda
Sub filo	: Chelicerata
Clase	: Arachnida
Sub clase	: Acari
Superorden	: Parasitiformes
Orden	: Mesostigmata
Sub Orden	: Monogynaspida
Cohorte	: Gamasina
Sub cohorte	: Dermanyssiae
Superfamilia	: Phytoseioidea
Familia	: Phytoseiidae

La familia Phytoseiidae (Acari, Mesostigmata) se subdivide en tres subfamilias: Amblyseiinae, Typhlodrominae y Phytoseiinae, son el grupo de ácaros predadores más conocidos y estudiados por su control de otros ácaros y trips (Gerson *et al.*, 2003).

Demite *et al.* (2014), realizaron un trabajo de la distribución mundial de los ácaros Phytoseiidae, encontrando un total de 2709 especies descritas (2436 especies válidas) en 91 géneros y en las 3 subfamilias (Amblyseiinae, Phytoseiinae y Typhlodrominae). Amblyseiinae es la subfamilia más grande en número de especies descritas (1748) en 65 géneros. Typhlodrominae y Phytoseiinae tienen 732 especies descritas en 23 géneros y 229

especies descritas en tres géneros, respectivamente. Los géneros con el mayor número de especies descritas son *Typhlodromus* (454), *Amblyseius* (400), *Neoseiulus* (397), *Phytoseius* (222), *Euseius* (213) y *Proprioseiopsis* (163) y en el Perú hasta la fecha hay un total de 61 especies válidas.

Según Jiménez (2014), encontró en su trabajo que los géneros de Phytoseiidae más abundantes en el Perú son *Amblyseius* y *Euseius*, que en total hacen más del 70 % de los Phytoseiidae encontrados.

### **2.1.2 Importancia de la familia**

Gerson y Weintraub (2007), mencionaron que los ácaros de la familia Phytoseiidae son usados en programas de control biológico debido a su potencial como agentes de control de varias plagas, según Amaral (2017), primero se tienen que conocer las características ecobiológicas de los ácaros predadores para entender el papel que desempeña en el medio ambiente y evaluar su viabilidad de uso en estos programas. Los ácaros Phytoseiidae viven en las plantas y en las capas superiores del suelo (Gerson y Weintraub, 2007).

De Moraes y Flechtmann (2008), indicaron que el control químico es el método más común para el control de ácaros en la agricultura, sin embargo, estos productos afectan a varios artrópodos incluyendo a los predadores de ácaros plaga, animales de otros grupos, incluyendo al propio hombre, etc. Es necesario reducir los niveles de residuos químicos en los cultivos, por ello se está trabajando en el estudio de ácaros predadores, asimismo, se realizó una lista de ácaros predadores utilizados para el control de plagas en invernadero y en programas de control biológico aumentativo a nivel mundial *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot), para el control de mosca blanca, trips y ácaros, *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) para el control de ácaros, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) para el control de trips y ácaros (Lenteren, 2020), además se señalan a *Neoseiulus barkeri* (Hughes) y *Phytoseiulus macropilis* (Banks) como los ácaros más estudiados (Ribeiro, 2014).

Según Vargas *et al.* (2013), las características que definen la eficiencia de un ácaro predador son: velocidad de desarrollo, capacidad de oviposición, capacidad de consumo de presa, especificidad de la presa, capacidad de búsqueda y su distribución en relación con la presa.

### 2.1.3 Morfología de la familia

El cuerpo de un ácaro Phytoseiidae típico consta de dos partes: una anterior, el gnatosoma donde se ubican los quelíceros y palpos, en donde está la función alimenticia y sensorial, otra posterior, donde se ubica el idiosoma que se subdivide en podosoma donde se encuentran los cuatro pares de patas y el opistosoma que es la región detrás de las patas, además en el idiosoma se encuentra el sistema digestivo y reproductor (Vargas *et al.*, 2013). Asimismo, el propodosoma es la región que contiene los dos primeros pares de patas, y el prosoma consiste en el gnatosoma y el podosoma. Por otra parte, los segmentos de las patas son la coxa, trocánter, fémur, genu, tibia, tarso y pretarso (Hoy, 2011).

Con relación al tamaño de los ácaros Phytoseiidae, ellos son de tamaño mediano de (250 - 400  $\mu$ m) con patas relativamente largas, asimismo el idiosoma está cubierto por un solo escudo completo (rara vez dos escudos), con no más de 24 pares de setas (las setas dorsales J1, J3 y J4 están ausentes) (Zhang, 2003). Los machos Phytoseiidae son generalmente de menor tamaño que las hembras adultas, por otra parte, Tixier *et al.* (2012) analizaron 2122 especies de ácaros de Phytoseiidae por tamaño corporal y descubrieron que el tamaño corporal de las hembras adultas de la subfamilia Amblyseiinae era superior a Phytoseiinae y Typhlodrominae.

El aspecto del huevo es alargado, posterior a la oviposición es translúcido y con el pasar de las horas cambia a un color blanquecino. La larva presenta un par de setas largas en el margen posterior del opistosoma, además un escudo en el dorso e idiosoma que son poco esclerotizados y de difícil visualización. La ninfa presenta un escudo en el idiosoma que es fácil de visualizar. La protoninfa presenta dos escudos distintos en el dorso (escudos podonotal y opistonotal), éstos se fusionan en la deutoninfa y en el adulto. En todos los estados los quelíceros están bien desarrollados. El escudo ventrianal tiene formas variadas en la hembra y de forma triangular en el macho (De Moraes y Flechtmann, 2008).

La parte bucal de los ácaros predadores consta de dos partes: quelíceros y pedipalpos, los quelíceros constan de dígitos dentados, móviles y fijos, sirven para el consumo de alimentos al atrapar y aplastar a sus presas, mientras que los pedipalpos sostienen la comida (Flechtmann y McMurtry, 1992). Las enzimas proteolíticas en la saliva, producidas por las glándulas salivales en el gnatosoma y liberadas en los quelíceros, licúan la presa lista para absorber el esófago (Karg, 1994; citado por Schreiber, 2018). Al alimentarse, los ácaros

cambian su color corporal según el color de su fuente de alimento (Momen y El-Saway, 1993; citado por Schreiber, 2018).

Los órganos de carácter taxonómico empleados son, para la hembra la espermateca, es decir el receptáculo encargado de recibir y almacenar el esperma del macho, se ubica aproximadamente entre las coxas III y IV y para el macho el espermatodáctilo situado en el quelícero (Vargas *et al.*, 2013), la abertura genital masculina que está en el margen anterior del escudo esternal. Estos órganos tienen valor taxonómico para distinguir a numerosas especies (Zhang, 2003).

#### **2.1.4 Clasificación de los hábitos alimenticios de la familia Phytoseiidae**

Vargas *et al.* (2013) mencionan que los ácaros Phytoseiidae son de movimientos rápidos muy activos y de hábitos alimenticios muy variados; pueden alimentarse, desarrollarse y reproducirse con polen, esporas de hongos, exudados de plantas (Hoy, 2011) e incluso de las hojas (sin causar daño) (Gerson y Weintraub, 2007).

Las especies se han clasificado como especialistas o generalistas según la amplitud de la dieta (McMurtry y Rodríguez, 1987; citado por Blackwood *et al.*, 2001).

McMurtry y Croft (1997) propusieron la clasificación de los estilos de vida de los Phytoseiidae en base a sus hábitos alimenticios, son los siguientes:

- Tipo I: Depredadores especializados de *Tetranychus*, está representada por especies de *Phytoseiulus*.
- Tipo II: Depredadores selectivos de ácaros Tetranychidae (más frecuentemente asociados con especies que producen densas sedas, redes) representada por *Galendromus*, algunos *Neoseiulus* y algunas especies de *Typhlodromus*.
- Tipo III: Depredadores generalistas representados por algunas especies de *Neoseiulus* y la mayoría por especies de *Typhlodromus* y *Amblyseius*.
- Tipo IV: Ácaros especializados comedores de polen / depredadores generalistas representados por la especie *Euseius*.

McMurtry *et al.* (2013) proponen una nueva clasificación de los estilos de vida de los Phytoseiidae:

- Tipo I (depredadores de ácaros especializados) se subdivide en tres subtipos para resaltar la especificidad del depredador:
  - ✓ Subtipo Ia: Depredadores especializados de las especies de *Tetranychus* (Tetranychidae).
  - ✓ Subtipo Ib: Depredadores especializados de los ácaros productores de nidos de red (Tetranychidae).
  - ✓ Subtipo Ic: Depredadores especializados de tideoides (Tydeoidea).
- Tipo II (depredadores selectivos de ácaros de la familia Tetranychidae).
- Tipo III (depredadores generalistas), se subdivide en 5 subtipos de acuerdo con su microhábitad y su morfología:
  - ✓ Subtipo III-a: Depredadores generalistas que viven en hojas pubescentes.
  - ✓ Subtipo III-b: Depredadores generalistas que viven en hojas glabras.
  - ✓ Subtipo III-c: Depredadores generalistas que viven en espacios confinados en plantas dicotiledóneas.
  - ✓ Subtipo III-d: Depredadores generalistas viviendo en espacios confinados en plantas monocotiledóneas.
  - ✓ Subtipo III-e: Depredadores generalistas de hábitats de suelo / basura.
- Tipo IV (depredadores generalistas que alimentan el polen).

Lofego (2015) explica que las especies de ácaros Phytoseiidae más estudiadas necesitan de un estudio completo de los componentes alimenticios de su dieta y los elementos de preferencia, además menciona que es posible que cada especie tenga una gradiente de preferencia donde algunos alimentos son principales y otros alternativos.

### **2.1.5 Desarrollo y reproducción**

#### Desarrollo

El corion del huevo posee una sustancia pegajosa que permite que este se adhiera al sustrato, la eclosión demora entre 2 a 15 minutos, la larva emerge rompiendo el corion por la parte más ancha del huevo, en cuanto al proceso de la muda, el ácaro eleva su opistosoma y comienza a liberarse de la exuvia, primero sale la parte posterior del ácaro, después las patas y por último el resto del cuerpo, en cuanto a la duración del ciclo de desarrollo depende de la especie, temperatura, la calidad y cantidad del alimento ingerido (Vargas *et al.*, 2013).

El ciclo biológico de estos ácaros incluye las fases de: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (hembra y macho), separados por mudas entre las etapas móviles. La fase de huevo es la más larga de las etapas inmaduras, con una duración de 2 a 3 días a temperaturas próximas a 25 °C (De Moraes y Flechtmann, 2008). La mayoría de los Phytoseiidae tienen un ciclo de vida corto, alrededor de una semana a 25 °C por (Hoy, 2011) y la longevidad de los adultos está entre 20 y 30 días, durante ese periodo, las hembras depositan entre 30 y 40 huevos (Gerson *et al.*, 2003). Chant (1993), menciona que las especies de Phytoseiidae menos setosas tienden a desarrollarse más rápido que las especies más setosas.

Las larvas de algunas especies de Phytoseiidae necesitan de alimento para desarrollarse y pasar al estado de protoninfa, pero hay larvas de otras especies que no necesitan alimentarse para pasar al siguiente estado, entre cada muda hay un periodo de reposo (Hoy, 2011). Los tipos de alimentación larval no están asociados con la especialización de especies en presas de ácaros (Schausberger y Croft, 1999).

Zhang y Croft (1994) identificaron tres tipos diferentes de hábitos alimenticios en larvas de Phytoseiidae: (1) alimentación obligatoria, necesaria para pasar al siguiente estado, (2) facultativa, donde no requiere obligatoriamente de alimento para continuar con su desarrollo y por último (3) larvas que no requieren de alimentación para pasar al siguiente estado de desarrollo.

## Reproducción

La reproducción de la hembra y la producción de descendencia, se da principalmente por la fertilización de la hembra, se da por la transferencia directa de espermatozoides en ácaros, llamado también tocospermia para los ácaros en general (Evans, 1992; citado por De Moraes y Flechtmann, 2008). Los machos con tocospermia transfieren espermatozoides con la ayuda de los quelíceros, el palpo y a veces también usan el primer par de patas (De Moraes y Flechtmann, 2008).

Los ácaros Phytoseiidae experimentan un proceso denominado pseudo-arrenotoquia o parahaploidia, se debe a que las hembras ovipositan sólo después de la fertilización de cada huevo, lo que implica que todos los huevos sean en un inicio diploides, después hay una pérdida del genoma paterno y se vuelven haploides dando origen a los machos (Helle *et al.*, 1978; citado por De Moraes y Flechtmann, 2008).



El comportamiento en el apareamiento al momento de la reproducción ocurre después de un cortejo ritualizado entre el macho y la hembra (Hoy, 2011). Los machos logran localizar a las hembras y deutoninfas, debido a que son atraídos por una feromona sexual (Hoy y Smilanick, 1979), de igual forma Hoy (2011), indica que los machos llegan a cuidar a las deutoninfas hembras que se encuentran en reposo y se aparean con ellas inmediatamente después de mudar a hembra adulta, los machos generalmente se desarrollan más rápido que las hembras y pueden aparearse con sus hermanos.

Aparentemente, un solo apareamiento es suficiente para fertilizar el conjunto completo de huevos de una hembra en algunas especies, mientras que, en otras, las hembras aparentemente se quedan sin esperma y la oviposición se detiene hasta que se aparean nuevamente (Evans y Proctor, 2013).

El comportamiento del macho y la hembra en la transferencia de espermatozoides en los Phytoseiidae, para las especies de *Amblyseius* y *Typhlodromus*, el macho se sube a la parte posterior de la hembra para que ambos ácaros estén orientados en la misma dirección, seguido a esto el macho gira 180° y se mueve hacia atrás y debajo de la hembra, terminando vientre con vientre, ambos mirando en la misma dirección, la inseminación ocurre cuando el macho introduce el espermatodáctilo de un quelícero en uno de los poros copuladores de la hembra (ubicados entre la tercera y la cuarta coxa) (Amano y Chant, 1978).

#### Proporción de sexos

Goleva y Zebitz (2013), mencionan que la proporción de sexos de la descendencia de algunas especies está determinada por el tipo y la calidad de las fuentes de alimentos y la edad de las hembras adultas. Por otro lado, se presume una descendencia sesgada por los machos cuando las hembras se alimentaban de alimentos pobres (Sabelis, 1985; citado por Goleva y Zebitz, 2013). Sin embargo, la alimentación de *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) con polen de maíz resultó en una proporción de sexo casi uniforme (Onzo *et al.*, 2012).

Según Sabelis y Nagelkerke (1993), citado por Evans y Proctor (2013), las hembras pueden manipular la proporción de sexos, ya que las hembras al comienzo de su vida reproductiva generalmente producen primero un macho, de modo que, si no hay otros machos presentes, este sería el que fertilice a la descendencia y así asegurar la reproducción.

## 2.2 Aspectos generales del género *Amblyseius*

*Amblyseius* es el segundo género más abundante después de *Typhlodromus* con 400 especies descritas por (Demite *et al.*, 2014). Pertenece al grupo de ácaros predadores generalistas del tipo III, dónde también están algunas especies de *Neoseiulus* y *Typhlodromus* (McMurtry y Croft, 1997). El estudio de este género es de gran interés debido a su diversidad y el papel que desempeña como enemigo natural de varios organismos, sin embargo, se sabe poco sobre los aspectos biológicos, como el ciclo de desarrollo, la reproducción y hábitos alimenticios para la gran mayoría de las especies (Amaral, 2017).

El género *Amblyseius* contiene varias especies que son usados en programas de control biológico aumentativo y en invernaderos, como es *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) para el control de mosca blanca, trips y ácaros, mientras que *Amblyseius andersoni* (Chant) es usado en el control biológico aumentativo para el control de ácaros y trips (Lenteren, 2020).

Según McMurtry *et al.* (2013), mencionan que algunas especies del género *Amblyseius* se clasifican como Tipo III-b (generalistas asociados con hojas glabras) y otros se clasifican como Tipo-III-c (generalistas asociados con espacios confinados de plantas dicotiledóneas, por ejemplo, domacios). Sin embargo, solo se mencionan cuatro especies en el estudio: *Amblyseius andersoni* Chant, *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski y *Amblyseius herbicolus* Chant.

Las especies del género *Amblyseius* en el Perú hasta la fecha son 11 especies descritas: *A. chungas* Denmark & Muma, *A. leonardi* McMurtry & Moraes, *A. aerialis* (Muma), *A. chiapensis* De Leon, *A. franzellus* Athias-Henriot, *A. herbicolus* (Chant), *A. invictus* Schuster, *A. largoensis* (Muma), *A. lynnae* McMurtry & Moraes, *A. perditus* Chant & Baker y *A. vasiformis* Moraes & Mesa, de las cuales las dos primeras son especies nativas (Demite *et al.*, 2020) y *A. largoensis* fue introducida el 2007 procedentes de Cuba (Jiménez, 2010).

### 2.2.1 Ciclo de desarrollo de algunas especies de Phytoseiidae

Usando polen como dieta

Nemati y Riahi (2019) presentan los resultados del ciclo de desarrollo de *Amblyseius swirskii* bajo las siguientes condiciones de  $25 \pm 1$  °C y  $65 \pm 10\%$  HR, fotoperiodo de 16L: 8D alimentado con polen de maíz, el ciclo de desarrollo (de huevo a adulto) para la generación 4 (G4) fue  $6.76 \pm 0.12$  días y para la generación 6 (G6) fue  $7.16 \pm 0.15$  días, asimismo

llegaron a la conclusión que el polen de maíz es una dieta deficiente para la cría masiva de *A. swirskii* debido a que se redujo su fecundidad.

Según Onzo *et al.* (2012) la duración del ciclo de desarrollo para *Amblyseius swirskii* bajo las condiciones de  $25 \pm 1$  °C,  $80 \pm 10\%$  HR y un fotoperíodo de 12:12 L: D alimentado con polen de maíz fue de  $7.48 \pm 0.14$  días y cuando se alimentó con la presa de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) su ciclo de desarrollo fue de  $6.22 \pm 0.11$  días. En base a los resultados, determinaron que las duraciones de los estados protoninfa, deutoninfa, así como el ciclo total de *A. swirskii* fueron significativamente menor cuando se alimentaron con presa que cuando se alimentaron con polen de maíz.

Nguyen *et al.* (2013), registraron el ciclo de desarrollo de *Amblyseius swirskii* a  $23 \pm 1$  °C,  $65 \pm 5\%$  de HR y un fotoperíodo de 16: 8 h (L: D) alimentados con dos tipos de dietas, usando *Typha latifolia* L. la duración del ciclo de desarrollo de hembras fue  $7.44 \pm 0.13$  días, y para machos fue  $6.81 \pm 0.14$  días, y alimentando con el ácaro *Carpoglyphus lactis* L. obtuvieron una duración del ciclo de desarrollo de  $7.00 \pm 0.07$  días y  $6.67 \pm 0.14$  días, para hembras y machos, respectivamente, resultando en ambas dietas, que el ciclo de desarrollo de los machos fue menor. Lee y Gillespie (2011), usando la misma dieta de polen a 25 °C y 60 % de HR, determinaron que la duración del ciclo de desarrollo fue  $7.0 \pm 0.08$  días.

Goleva & Zebitz (2013) indicaron que el tiempo de desarrollo total de *Amblyseius swirskii* alimentado con polen de maíz es de  $7.7 \pm 1.0$  y  $7.9 \pm 0.2$  días para machos y hembras respectivamente, bajo las condiciones de  $25 \pm 1$  °C,  $80 \pm 5\%$  HR y un fotoperíodo de 16: 8 (L: D). Por otro lado, Zannou y Hanna (2011) mencionaron que la duración del ciclo de desarrollo de la misma especie alimentado con polen de maíz a 25 - 27 °C, 60 - 85% humedad relativa y 12:12 (L: D) de fotoperíodo fue de  $6.9 \pm 0.1$  días.

Usando presa como dieta

Al-Azzazy & Alhewairini (2020), evaluaron el desarrollo de *Amblyseius swirskii* a  $23 \pm 1$  °C y  $60 \pm 5\%$  RH y con fotoperíodo L: D 12:12 h, y encontraron que la duración del ciclo de desarrollo de *A. swirskii* alimentado con ninfas de *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) fue de 10.23 días y 10.35 días, para machos y hembras respectivamente, mientras que para los individuos que fueron alimentados con ninfas de *Eutetranychus orientalis* (Klein), fue de 11.08 días para machos y 11.17 días para hembras. Asimismo, observaron que la etapa larval de *A. swirskii* no se alimentó de las presas, lo hizo a partir de la etapa de protoninfa.

Park *et al.* (2011), encontraron que el tiempo medio de desarrollo de huevo a adulto de una hembra de *Amblyseius swirskii* alimentada con polen de *Typha latifolia* L. y el ácaro rojizo de tomate *Aculops lycopersici* (Masse) a  $25 \pm 0.5$  °C,  $70 \pm 10\%$  HR fue de  $6.2 \pm 0.12$  y  $5.1 \pm 0.01$  días respectivamente, además llegaron a la conclusión que las fuentes de alimentos de mayor calidad dan como resultado valores más altos en los parámetros de crecimiento de la población.

En Perú, Guanilo y Martínez (2009), realizaron la crianza de *Amblyseius chungas* (Denmark & Muma) alimentado con *Panonychus citri* (McGregor), bajo las condiciones de 20 - 25 °C y 70 - 80% HR y reportaron que el ciclo de desarrollo del ácaro predador *Amblyseius chungas* alimentado con 30 ninfas de *Panonychus citri* fue de 6.46 días y 6.6 días, para machos y hembras, respectivamente, si bien la duración del macho fue ligeramente menor, no hubo diferencias significativas entre los sexos. Asimismo, los autores indicaron que todos los estados de desarrollo de *A. chungas* se alimentan de *P. citri*.

Kazak (2008) determinó la duración del ciclo de desarrollo para las hembras de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) alimentado con larvas de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) a 20 °C, siendo  $8.12 \pm 0.25$  días. Además, indicaron el número de larvas consumidas por cada estado de desarrollo de *P. persimilis*: las larvas no se alimentaron, protoninfas;  $7.10 \pm 0.85$ , deutoninfas;  $9.00 \pm 0.92$  y su consumo total;  $16.10 \pm 1.07$  individuos. El autor explica que el tamaño reducido de las larvas podría permitir al predador consumir un mayor número de presas en comparación a los estados de mayor tamaño.

Con respecto a la preferencia alimenticia, los resultados de Yang *et al.* (2019) indicaron que la hembra de *Amblyseius tsugawai* (Ehara) muestra preferencia de alimentación por las larvas de *Tetranychus urticae* (Koch) y que la duración del ciclo de desarrollo fue  $6.75 \pm 0.08$  días bajo condiciones de laboratorio a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 5\%$  RH y 16L: 8D.

Rojas (2013), a  $22.8 \pm 1.6$  °C y  $67 \pm 4\%$  HR, evaluó la capacidad de predación de dos ácaros Phytoseiidae, alimentado de *Oligonychus punicae* Hirst durante 24 horas, a 4 densidades (15 huevos, 60 larvas, 40 ninfas y 20 adultos). El adulto de *Amblyseius chungas* Denmark & Muma consumió 6 huevos, 45 larvas, 18 ninfas y 9 adultos, mientras que *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) consumió 0 huevos, 14 larvas, 8 ninfas y 10 adultos por día, concluyendo que ambas especies tuvieron preferencia por el estado larval.

Según De Toledo *et al.*, (2013), mencionan que la mayor eficiencia para predar se da en las hembras adultas Phytoseiidae, debido a su gran tamaño, mayor movilidad y requerimiento energético en la producción de huevos. Franco *et al.* (2007), mencionan que las hembras adultas de *Euseius alatus* (DeLeon) se consideran las más eficientes para cazar cualquier estado de desarrollo de *Oligonychus ilicis* (McGregor).

## **2.3 *Amblyseius aerialis* Muma**

### **2.3.1 Ubicación taxonómica**

Ubicación taxonómica según Krantz y Walter (2009) y Chant y McMurtry (2007).

Filo	: Arthropoda
Sub filo	: Chelicerata
Clase	: Arachnida
Sub clase	: Acari
Superorden	: Parasitiformes
Orden	: Mesostigmata
Sub Orden	: Monogynaspida
Cohorte	: Gamasina
Sub cohorte	: Dermanyssiae
Superfamilia	: Phytoseioidea
Familia	: Phytoseiidae
Género	: <i>Amblyseius</i>
Especie	: <i>Amblyseius aerialis</i> (Muma, 1955)

Sinonimia: *Amblyseiopsis aerialis* (designación original) Muma (1955a) y *Typhlodromus aerialis* Hirschmann (1962) (Demite *et al.*, 2020).

### **2.3.2 Distribución geográfica**

*Amblyseius aerialis* (Muma) es un ácaro predador generalista (Ramos y Rodríguez, 2006; Beltrán y Da Silva 2008), con más de 100 registros en varias regiones del mundo que abarcan

cuatro continentes (Europa, América, Asia y África) y en 19 países, donde más del 80% de los registros está ubicado en el continente americano (Demite, 2020).

Los países donde fue reportado son: Perú, Brasil, Colombia, Venezuela, Argentina, Guyana, Algeria, Bermuda, Cuba, Galapagos, Guadeloupe, Honduras, India, Jamaica, Martinique, USA, México, República Dominicana y Saint Martin (Demite, 2020).

En Perú, se ha registrado en las regiones de: Lima (Cañete), San Martín (Tarapoto, Moyobamba, Nueva Cajamarca), Amazonas (Pedro Ruiz), Lambayeque (Chiclayo) (Guanilo *et al.*, 2008), Iquitos (Maynas – Iquitos), Piura (Morropón – Chulucanas) (Jiménez, 2014) e Ica (Chincha) (Muñoz y Rodríguez, 2014).

### **2.3.3 Hospederos**

En diversos trabajos realizados en Perú y el mundo en la búsqueda de la diversidad de ácaros predadores, se ha encontrado a *Amblyseius aerialis* en diferentes hospederos, tales como: *Acalypha* sp. (Euphorbiaceae), *Cocos nucifera* L. (Areaceae) y *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) (Jiménez 2014), *Lippia nodiflora* (Verbenaceae), *Solanum caricaefolium* (Solanaceae), *Solanum albidum* (Solanaceae), *Cestrum* sp. (Solanaceae), *Lycopersicon parviflorum* (Solanaceae) (Guanilo *et al.*, 2008), *Persea americana* Mill (Lauraceae) (Muñoz y Rodríguez, 2014), en el cultivo de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) en Cuba y México (De Moraes *et al.*, 1991) y en plantaciones de naranja (Rutaceae) en Cuba y Brasil (Ramos y Rodríguez, 2006; Figueirêdo *et al.*, 2019), *Cucumis sativus* Lin., (Cucurbitaceae), *Solanum tuberosum* L., (Solanaceae) (Ramos y Rodríguez, 2006), en Venezuela en *Lycopersicum esculentum* Mill., (Solanaceae) (Aponte y McMurtry, 1993).

### **2.3.4 Ácaros fitófagos asociados**

Según Forero *et al.* (2008); citado por Beltrán y Da Silva (2008), *Amblyseius aerialis* (Muma) está reportado mundialmente como agente de control biológico eficiente de ácaros fitófagos, es importante en el manejo de *Tetranychus urticae* (Koch), *Panonychus citri* (McGregor) y *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), también está asociado como enemigo natural de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard que causa severos daños en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* Mill por (Barbosa *et al.*, 2015). *A. aerialis* es considerado enemigo natural de *T. urticae* en diversos cultivos agrícolas (Maciel *et al.*, 2017; 2018) y también de *Panonychus citri* (Ramos, 1989 y Ramos, 1993).

Gondim *et al.* (2012) reportaron que *A. aerialis* está asociado a *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), en el muestreo de especies de plantas de las familias Arecaceae, Cannaceae, Heliconiaceae.

Beltrán y Da Silva (2008) indican que en condiciones de laboratorio *A. aerialis* se alimenta de *Brevipalpus phoenicis*. En Perú, Muñoz y Rodríguez (2014), mencionan que *Brevipalpus phoenicis* en bajas poblaciones estuvo asociado a *Amblyseius aerialis* en la masa foliar del cultivo de palto.

### 2.3.5 Ciclo de desarrollo

El ácaro *Amblyseius aerialis* pertenece a la familia Phytoseiidae y es un predador generalista del grupo III (Maciel *et al.*, 2018), la hembra tiene una longitud de 395 mm y 285 mm de ancho, siendo el macho de menor tamaño (Beltrán y Da Silva, 2008). Se han estudiado algunas características biológicas, el potencial de depredación, la tasa de oviposición y fecundidad de éste ácaro, cuando fue alimentado con ácaros fitófagos como: *Brevipalpus phoenicis* (Beltrán y Da Silva, 2008), *Raoiella indica* (Amaral, 2017; Amaral *et al.*, 2018), *Tetranychus evansi* (Barbosa *et al.*, 2015), *Tetranychus urticae* (Maciel *et al.*, 2018), *Panonychus citri* (Ramos, 1989; Ramos, 1993) y polen de *Ricinus communis*, *Typha angustifolia* (Beltrán y Da Silva, 2008), sin embargo no hay estudios con el ácaro fitófago *Oligonychus beeri* y los tipos de polen de *Alstroemeria* sp. y *Zea mays* como alimento.

En el estudio realizado por Beltrán y Da Silva (2008) con *Amblyseius aerialis*, donde usaron tres tipos de alimentos *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), polen de *Ricinus communis* L. y *Typha angustifolia* L. en condiciones de laboratorio a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de humedad relativa y 12 horas de fotoperíodo, se obtuvo que el porcentaje de individuos que llegó a fase adulta fue de 90.9 %, 95.2 % y 100 % con polen de *T. angustifolia*, presa de *B. phoenicis* y polen de *R. communis* respectivamente, asimismo la duración de los estados de desarrollo alimentado con *Ricinus communis* fue:  $1.68 \pm 0.15$ ,  $1.03 \pm 0.12$ ,  $2.38 \pm 0.26$ ,  $1.70 \pm 0.15$  días para el estado de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa respectivamente, obteniendo una duración del ciclo de desarrollo de  $6.80 \pm 0.13$  días. Alimentado con polen de *Typha angustifolia* se obtuvieron los siguientes resultados: la duración del estado de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa fue:  $1.19 \pm 0.07$ ,  $1.29 \pm 0.08$ ,  $1.87 \pm 0.08$ ,  $2.11 \pm 0.18$  días respectivamente resultando una duración del ciclo de desarrollo de  $6.54 \pm 0.11$  días. Mientras que empleando como alimento *Brevipalpus phoenicis* el periodo de incubación fue de 1.49

$\pm 0.09$ , la duración de la larva fue  $1.07 \pm 0.06$ , protoninfa  $1.63 \pm 0.09$ , deutoninfa  $1.81 \pm 0.14$  y ciclo de desarrollo  $5.96 \pm 0.14$  días.

Barbosa *et al.* (2015) realizaron el estudio de la capacidad de predación de *Amblyseius aerialis* (Muma) sobre *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard y reportaron que el ácaro predador consumió los estados de huevo y adulto.

Ramos (1989) indicó que *A. aerialis* alimentado con larvas de *Panonychus citri* McGregor completó su ciclo de desarrollo en  $7.29 \pm 1.75$  días, y durante todo este tiempo consumió  $36.50 \pm 9.28$  larvas y la proporción de sexos fue de 68%.

Amaral (2017) y Amaral *et al.*, (2018) estudiaron el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* a  $25 \pm 1$  °C,  $60 \pm 10\%$  HR y fotoperíodo de 12 horas, realizaron pruebas preliminares en base a 6 tipos de dieta, donde la dieta con mejor resultado fue *R. indica* donde se obtuvo una tasa de oviposición de  $0.15 \pm 0.02$ , en base a esto se realizó el estudio del ciclo de desarrollo alimentado con individuos *ad libitum* de todas las etapas móviles de *R. indica*, donde la duración del desarrollo de huevo a adulto fue  $6.6 \pm 0.132$  día. Mencionan que no hay reportes de fitofagia de *Amblyseius aerialis* en la literatura (Amaral *et al.*, 2018).

Maciel *et al.* (2018), realizaron un trabajo de depredación y fecundidad de *A. aerialis* alimentado con *T. urticae* a diferentes densidades de 2, 5, 10, 15, 20 y 30 individuos por cada estado de desarrollo (huevo, larva, ninfa y adulto), los resultados fueron que a medida que se aumenta la densidad de presa ofrecida hay un aumento en la depredación. Cuando se les ofreció las fases de huevo y larva, se obtuvo la mayor depredación de estos estados en comparación con las otras etapas, no obstante, el promedio de huevos por día fue mayor cuando fue alimentado con los estados ninfa y adulto, lo que indica que las etapas de huevos y larvas proporcionan menos energía para una buena fecundidad en el ácaro predador.

## **2.4 Fuentes alimenticias**

De acuerdo a su especificidad, los ácaros Phytoseiidae son conocidos por su hábito predatorio, algunos de estos tienen una alimentación variada que consiste en polen, hongos, sustancias azucaradas producidas por insectos, exudados de plantas, etc. (De Moraes y Flechtmann, 2008).

Delisle *et al.* (2014), mencionaron los requisitos para la elección de las fuentes de alimento para los Phytoseiidae: la accesibilidad de la fuente de alimentos, la capacidad de



almacenamiento sin la alteración de su calidad nutritiva y efectos beneficiosos sobre el desarrollo de los Phytoseiidae.

#### **2.4.1 Ácaros fitófagos como alimento**

Los ácaros plaga asociados al cultivo del palto en Perú son *Oligonychus* sp., *Oligonychus peruvianus* McGregor (Muñoz y Rodríguez 2014) y *Oligonychus yothersi* McGregor (Guanilo *et al.*, 2012).

Los ácaros de la familia Tetranychidae son ácaros presa para las especies de Phytoseiidae, conocidos comúnmente como “arañitas rojas” son ácaros que se alimentan de muchos cultivos y pueden causar daños severos como el marchitamiento de las hojas, además de pérdidas en la cantidad y calidad e incluso la muerte de la planta (Gerson y Weintraub, 2007).

De Moraes y Flechtmann (2008) mencionan acerca del daño causado por los ácaros plaga en las hojas de las plantas, ocurre la ruptura de las células, la remoción de la clorofila, además la saliva inyectada causa el mal funcionamiento de las hojas, ocasiona un aumento en la tasa de transpiración resultando la marchitez de las hojas.

Las especies del género *Eutetranychus* y *Oligonychus* prefieren la cara superior de la hoja para hacer daño, a diferencia de la especie de *Tetranychus* que prefiere la cara inferior de las hojas, por otro lado, la especie de *Oligonychus* sp. produce relativamente poco tejido. Muchos Tetranychidae (Prostigmata) depositan sus huevos entre hilos de tela que tejen sobre la planta, lo que les brinda cierta protección contra los predadores y retiene niveles de humedad más altos y adecuados (De Moraes y Flechtmann, 2008).

Hoy (2011) menciona que las preferencias de dieta pueden ser específicas, y diferentes presas pueden proporcionar diferentes contenidos nutricionales. Asimismo, Blackwood *et al.* (2001) mencionan que la preferencia por la etapa de presa podría verse influenciada por varios factores como: la especie de presa, el comportamiento de búsqueda del predador, el nivel de hambre del predador, el mecanismo de defensa de la presa y el valor nutricional de las etapas de presa.

Según Cañarte *et al.* (2017), el tamaño reducido, la baja movilidad y los cuerpos más suaves de las larvas, facilitan su captura y consumo en comparación a las otras etapas de desarrollo.

Hoy (2011), menciona que la velocidad de desplazamiento del ácaro predador es más rápida que el de la presa, además indica que el consumo incompleto de las presas puede hacer que los ácaros Phytoseiidae sean agentes de control biológico más efectivos en altas densidades de ácaros plaga.

Al-Azzazy & Alhewairini (2020), mencionan que cuando las hembras de *A. swirskii* se encuentran en el periodo de oviposición, tienen requerimientos alimenticios extra para la producción de huevos, tienen un consumo relativamente alto de presa.

En algunas especies de *Oligonychus* y *Tetranychus*, los huevos tienen una cáscara dura, lo que dificulta su consumo, además el consumo promedio de presas por una hembra de Phytoseiidae es de 3 - 6 hembras, 10 - 20 larvas, ninfas y machos y 20 - 30 huevos de Tetranychidae, éstos valores van a depender si el individuo esté saciado (satisfecho) o no; además se informó que los predadores con hambre succionan casi todo el contenido de una presa antes de buscar otra, sin embargo los que están satisfechos o tienen poca hambre succionan un poco y abandonan la presa, generalmente su agresividad disminuye con la saciedad (Vargas *et al.*, 2013).

El proceso de crianza de los ácaros fitófagos en la mayoría de las veces demanda más cuidados y a la larga es más costoso, es por ello que se recomienda hacer un equilibrio en la utilización de sistemas artificiales, en donde el proceso sea más automatizado y así disminuir el costo de producción (Ribeiro, 2014).

El ataque del predador sobre la presa inicia cuándo el predador toca a la presa con los tarsos I y luego lo agarra con la pata II, el predador corta la cutícula de la presa y le inyecta saliva que contiene enzimas proteolíticas. En general el predador se puede alimentar de cualquier parte del cuerpo de la presa, además el movimiento de fluidos es del cuerpo de la presa hacia el predador, considerándose que el flujo del líquido es unidireccional (McMurtry y Flechtmann, 1992).

#### **2.4.2 Polen**

El polen proviene de diferentes tipos de plantas y difieren en su valor nutricional para los ácaros predadores (Goleva & Zebitz, 2013), aportan los siguientes elementos alimenticios: proteínas, lípidos, aminoácidos libres, carbohidratos, flavonoides, vitaminas y minerales, asimismo considera que el valor nutricional del polen depende de las especies de plantas

(Nicolson, 2011). Es usado como alimento suplementario para los ácaros predadores en invernaderos (Goleva & Zebitz, 2013) y para crianzas de ácaros predadores en laboratorio.

El polen es usado como una fuente alternativa de alimento, efectiva y barata para criar algunos Phytoseiidae predadores generalistas del Tipo III y IV para el control de plagas (McMurtry *et al.*, 2015).

Los principales tipos de polen utilizados provienen de plantas donde su producción es alta, por ejemplo: *Ricinus communis* (Ribeiro, 2014; Beltrán y Da Silva, 2008; Goleva y Zebitz, 2013), *Zea mays* (Goleva y Zebitz, 2013; Delisle *et al.*, 2014), *Typha latifolia* (Nguyen *et al.*, 2013; Lee y Gillespie, 2011), entre otros.

El polen de las plantas anemófilas es usado en condiciones de laboratorio para la crianza de ácaros predadores generalistas, por su fácil recolección y porque libera grandes cantidades de polen (Tuovinen y Lindqvist, 2010).

El polen después de su procesamiento puede ser almacenado por varios meses a bajas temperaturas para su uso (McMurtry *et al.*, 1989; citado por Ribeiro, 2014).

Se puede identificar si un acaro predador se alimenta cuando: el predador se desarrolla pasando el estado de protoninfa, el cambio de color del cuerpo y cuando los granos de polen muestran agujeros de alimentación (Goleva y Zebitz, 2013).

#### **2.4.2.1 Maíz**

El polen de *Zea mays* se caracteriza por su alto contenido de almidón (Todd y Bretherick 1942; citado por Goleva y Zebitz 2013), asimismo contiene un alto contenido de proteínas solubles  $38.6 \pm 0.60$  mg/g (Delisle *et al.*, 2014).

El polen de maíz es de la familia Poaceae, conocida por producir alcaloides o terpenos (Roth *et al.*, 2008; citado por Goleva y Zebitz, 2013), también aporta carbohidratos y es usado como un recurso alimenticio como complemento de una dieta de presa que permite mantener a los ácaros predadores cuando la presa es escasa (Tanigoshi *et al.*, 1993), ha sido utilizado en estudios de ciclo biológico, así como un alimento suplementario (Goleva & Zebitz, 2013). Observaciones realizadas por Delisle *et al.* (2014), mencionan que el polen de maíz absorbe humedad y que en las 12 horas siguientes el polen se humedece lo que hace difícil la

alimentación de los ácaros, lo que podría generar una pérdida en su calidad nutritiva más rápido que en otros tipos de polen.

Onzo *et al.* (2012) recomiendan usar el polen de maíz como alimento suplementario para *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) cuando las poblaciones de presa *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) son bajas, además indican que la alimentación con polen de maíz generó una proporción de sexo casi uniforme.

Nemati y Riahi (2019), mencionan que cuando *A. swirskii* fue criado con polen de maíz, se encontró que su fecundidad se redujo en la sexta generación, al igual que su consumo de presas de *Tetranychus urticae*, a diferencia de las otras dietas.

#### **2.4.2.2 Alstroemeria**

La familia Alstroemeriaceae es exclusivamente americana, comprende alrededor de 200 especies distribuidas en los géneros *Alstroemeria* L., *Bomarea* Mirb., *Leontochir* Phil., Luzuriaga Ruiz & Pav. y *Drymophyla* R. Br. (Stevens, 2001; citado por Finot *et al.*, 2018). Las especies de alstroemeria se originan en América del Sur, los principales centros de diversidad son Chile y Brasil, se caracterizan por ser plantas herbáceas, perennes y rizomatosas con grandes flores coloridas que viven en una amplia gama de hábitats (Muñoz y Moreira 2003; citado por Aros *et al.*, 2012), llamado también “Lirio Inca”, son plantas anuales en condiciones frías (Bridgen, 2018). Las especies de *Alstroemeria* se puede dividir en dos grupos: el brasileño y el chileno, ambas especies de Perú encajan en el grupo de Chile, se pueden encontrar entre el nivel del mar y 4000 m (Hofreiter y Rodríguez, 2006).

El potencial económico que se le da a las flores de alstroemeria es para uso ornamental, en flores de corte y como plantas para maceta, debido a su larga vida en florero y la variedad de colores de sus flores (Finot *et al.*, 2018), incluso las raíces de almacenamiento de almidón de varias especies de *Alstroemeria* son comestibles (Bayer, 1987; citado Sáenz, 2015).

En su mayoría prefiere hábitats secos, a excepción de una especie de Brasil que crece en pantanos, para el género *Bomarea*, el centro de diversidad está en los Andes de Perú y Ecuador con 64 y 38 especies respectivamente (Hofreiter y Rodríguez, 2006).

Aún no se han reportado estudios relacionados al uso de polen de alstroemeria como alimento de artrópodos.

## CAPÍTULO III

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de ejecución

El estudio se realizó en los Laboratorios de Crianza de ácaros del museo de Entomología “Klaus Raven Büller”, del departamento de Entomología, Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria La Molina, bajo condiciones controladas, entre los meses de octubre y diciembre del 2019. Se determinó el ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* (Muma) con dos tipos de polen y un acaro fitófago *Oligonychus beeri*. Las unidades experimentales se mantuvieron a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5\%$  de humedad relativa en condiciones de laboratorio.

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Material biológico

El ácaro predador *Amblyseius aerialis* que se utilizó provino de colonias mantenidas en laboratorio, iniciadas con ejemplares colectados a nivel del suelo (hojarasca) de campos de cultivo de palto (*Persea americana* Mill) (Lauraceae) de la UNALM (agosto del 2018) (Figura 1). Los especímenes se mantuvieron en unidades de crianza y reproducción, en condiciones de laboratorio a  $23 \pm 5$  °C y  $68 \pm 9$  % de humedad relativa y alimentados con polen de *Alstroemeria* sp. (Alstroemeriaceae).

El ácaro predador *Amblyseius aerialis* fue procedente de los campos de palto, a nivel de hojarasca de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La identificación de la especie fue realizada en el museo de Entomología “Klaus Raven Büller” de la UNALM por el Blgo. Mg. Sc. Javier Huanca Maldonado y el Dr. Antonio Lofego de la UNESP (Brasil). El ácaro fitófago utilizado fue *Oligonychus beeri*, procedente de los campos de palto de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La identificación de la especie fue realizada en el museo de Entomología “Klaus Raven Büller” de la UNALM, por el Blgo. Mg. Sc. Javier Huanca Maldonado.



Figura 1: Muestreo de hojarasca de palto en bolsas ziploc

### 3.2.2 Materiales para los bioensayos

Para la crianza masal del predador como del ácaro fitófago se utilizaron táperes de 24 cm x 16 cm y 3.5 cm de dimensiones, para los bioensayos recipientes de 3cm de altura por 5 cm de diámetro, esponja, papel toalla, tijera, tela de organza, bandejas, picetas, lana negra de oveja, micas transparentes, cinta aislante, etiquetas, “post it”, lapicero, plumón indeleble negro punta fina, cuaderno, hisopos, pinza fina, pinceles finos #000, pincel N° 4 y agua mineral (Figura 2).

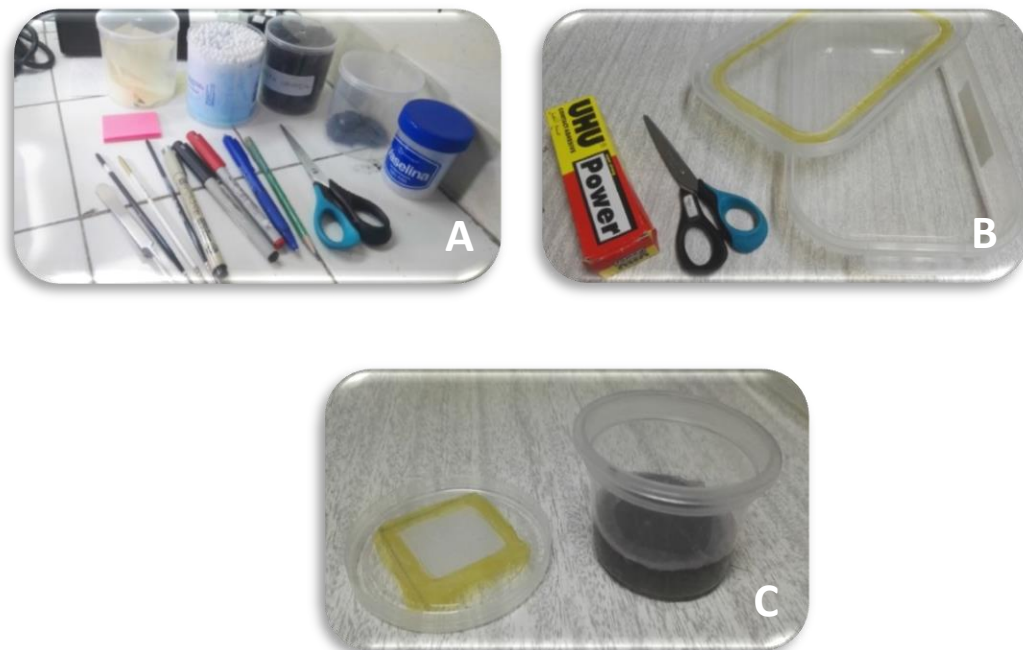


Figura 2: (A) Materiales usados en la evaluación de los bioensayos, (B) Táper para la crianza masal, (C) Táper para los bioensayos del ciclo de desarrollo

### 3.2.3 Material vegetal

Se empleó la hoja de acalifa (*Acalypha* sp.) y hojas de palto (*Persea americana*) (Figura 3) como sustrato para la crianza del ácaro predador (*A. aerialis*) y presa (*O. beeri*) respectivamente. Como alimento del ácaro predador se utilizó polen de alstroemeria (*Alstroemeria* sp.) y maíz (*Zea mays*).

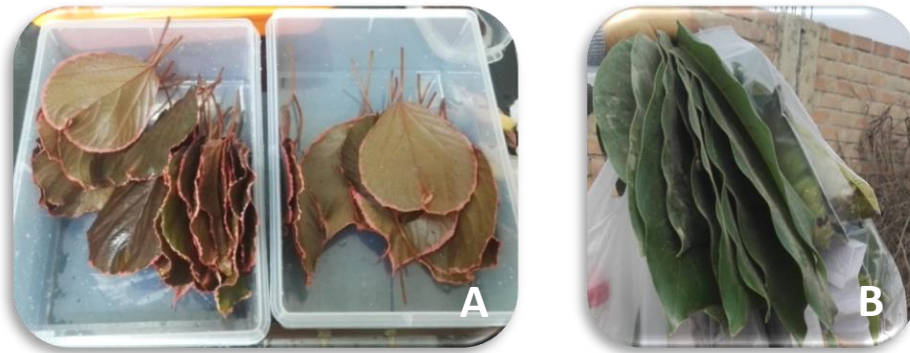


Figura 3: (A) Hojas frescas de acalifa (*Acalypha* sp.), (B) Hojas de palto (*Persea americana*)

### 3.2.4 Material de limpieza

Botellas de detergente líquido, paños, guantes de jebe para lavar talla M, esponjas para lavar, trapeador de paño, lejía, alcohol de 75%, esponja para lavar, balde.

### 3.2.5 Equipos

Se hizo uso de un microscopio estereoscopio Leica EZ4, secador de polen, lámparas y aspiradora (Figura 4).



Figura 4: (A) Microscopio estereoscopio Leica EZ4, (B) Secador de muestras de polen

### 3.2.6 Otros

Bandejas rectangulares de 49.5 cm x 36.4 cm, cuchilla cúter, viales de vidrio 20 ml, goteros, estilógrafos negros, bolsa “ziploc”, bolsas de papel, jarras pequeñas (500 ml), mandiles blancos talla L, pegamento extrafuerte (UHU Power), alcohol 96%, regla, eppendorf.

### 3.3 Crianza masal de *Amblyseius aerialis*

Con polen

Las colonias de *A. aerialis* estaban acondicionadas en un táper de 24 cm x 16 cm y 3.5 cm de dimensiones que contenía en su base una esponja de 1.3 cm de grosor cubierta con papel toalla, sobre este se ubicó dos hojas de acalifa distantes entre sí como sustrato, las unidades de cría fueron similares a las descritas por (McMurtry y Scriven 1966) con adaptaciones en el recipiente, sustrato y la barrera. Los bordes de las hojas se cubrieron con tiras simples de papel toalla de 1 cm x 22 cm, además de tiras dobles de la misma dimensión (simples, tiras delgadas de una sola capa y las dobles tiras más gruesas de cuatro capas), para asegurar un suministro constante de agua y evitar el escape de los ácaros, además se usó vaselina para cubrir el borde interno superior del táper.

La tapa tenía un orificio de ventilación de 11 cm x 19 cm para mantener un nivel adecuado de humedad en el interior, el cual estaba cubierto con una tela de organza asegurando sus bordes con un pegamento extra fuerte (Uhu Power).

Se colocó sobre cada hoja de acalifa una lámina de mica (cinta aislante negra pegada sobre mica transparente) de 2 cm x 1 cm doblado en forma de “V” invertida con la ayuda de una pinza fina, fue usado como refugio y un trozo de lana negra como lugar de oviposición de las hembras.

Se utilizó colonias diferentes del ácaro predador por cada tipo de polen, las colonias se alimentaron espolvoreando polen de maíz y alstroemeria (Figura 5). El polen se reponía cada dos días y se limpiaba los residuos de la anterior alimentación con ayuda de un hisopo para evitar la incidencia de moho. Cada dos semanas los módulos de crianza fueron cambiados por otros nuevos siguiendo los pasos que se detalló anteriormente y los individuos fueron transferidos con ayuda de un pincel fino #000.



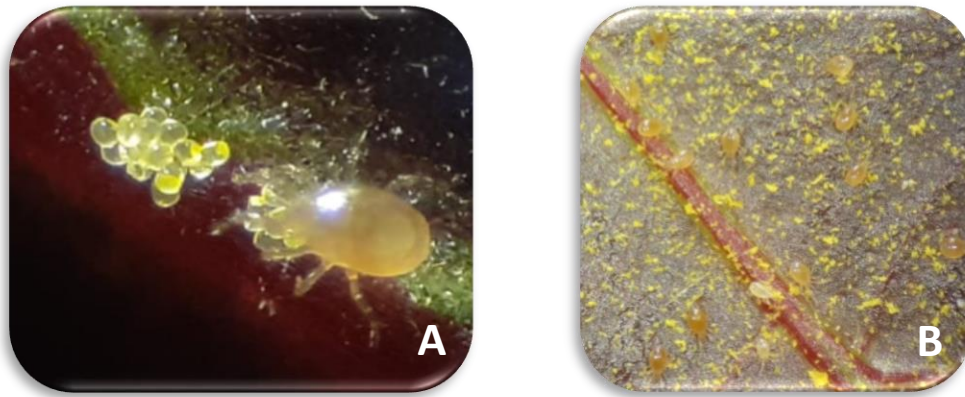


Figura 5: (A) Consumo de polen de maíz, (B) Crianza masal con polen de alstroemeria

### Con *Oligonychus beeri*

Para la crianza masal de los ácaros predadores se acondicionaron en hojas de palto siguiendo el método descrito anteriormente, se alimentó con los diferentes estados de desarrollo de la arañita *O. beeri* (Tetranychidae) (Figura 6). Se colocó sobre la hoja de palto una lámina de mica de 2 cm x 1 cm doblado en forma de “V” invertida con la ayuda de una pinza fina, usado como refugio y un trozo de lana negra como lugar de refugio y oviposición. Cada día se alimentaba con individuos extraídos de la crianza masal de arañita con ayuda de un pincel fino #000.



Figura 6: Crianza masal de *A. aerialis*, alimentado con presa *Oligonychus beeri*.

## 3.4 Obtención de los tipos de polen

### 3.4.1 Polen de maíz

El polen de maíz (*Zea mays* L.) se obtuvo de plantas disponibles en campos de la Universidad Nacional Agraria La Molina en octubre del 2018, como las flores aún no estaban abiertas, las panículas fueron recolectadas en bolsas de papel y transportadas al laboratorio donde sus

pedúnculos se mantuvieron en un recipiente con agua por dos días esperando que abran las anteras y caigan los granos de polen (Figura 7), al cabo de esos días se retiró el polen sacudiendo y se puso sobre una lámina de acero para su posterior secado en un secador por 24 horas a 60 °C. Estos granos fueron tamizados para eliminar las impurezas y embalados en un vial de vidrio para su conservación en un refrigerador a 4 °C para su posterior uso (Figura 8).



Figura 7: (A) Inflorescencia de maíz, (B) Embolsado de la panícula de maíz



Figura 8: Polen de maíz en viales de vidrio

### 3.4.2 Polen de alstroemeria

Las flores de alstroemeria fueron adquiridas en el mercado de flores de Acho en enero del 2019, las barras de alstroemeria fueron colocadas en recipientes con agua para la apertura de todas las flores (Figura 9), la obtención del polen consistió primero en retirar las anteras de las flores abiertas y se transfirieron a una lámina de acero, el proceso fue similar al usado en

el procesamiento del polen de maíz (Figura 10). Este proceso se repitió hasta extraer todas las anteras de alstroemeria, cada dos días se iban retirando las anteras según la apertura de flores por aproximadamente 9 días (Figura 11).



Figura 9: Flores de alstroemeria

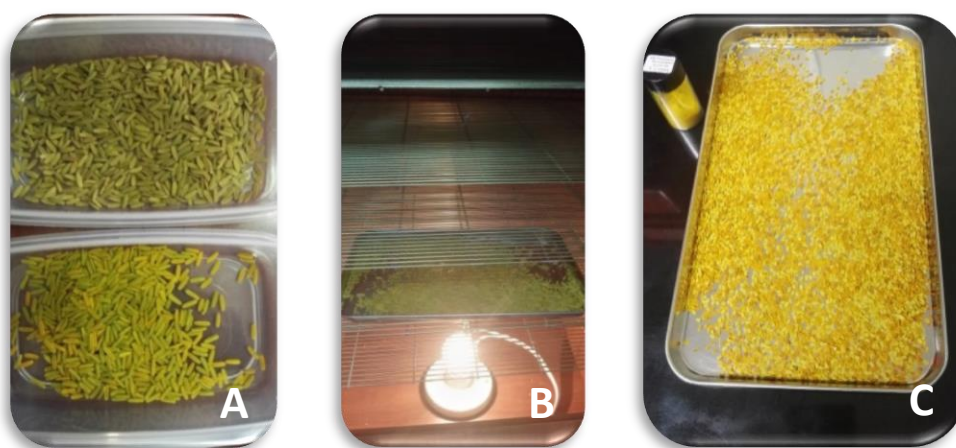


Figura 10: Secado de anteras de alstroemeria, (A) Anteras frescas, (B) Anteras en un secador, (C) Anteras secas



Figura 11: Polen de alstroemeria para su almacenamiento

### 3.5 Crianza de *Oligonychus beeri*

Las colonias de los ácaros fitófagos de *O. beeri*, se iniciaron con individuos colectados en hojas infestadas de palto provenientes de los campos de la UNALM, las hojas de palto se recogieron en bolsas “ziploc” y fue trasladado al laboratorio para su extracción y crianza. La crianza se realizó sobre hojas de palto como sustrato en un táper de dimensiones 24 cm de largo por 16 cm de ancho y 3.5 cm de altura, sobre una esponja saturada con agua de 1.3 cm de espesor cubierta con una lámina de papel toalla (Figura 12). Se cubrió con tiras de papel toalla los bordes de la hoja de palto para asegurar un suministro constante de agua y evitar el escape de ácaros. Se usó un instrumento óptico microscopio estereoscópico Leicca y con la ayuda de un pincel fino #000 se trasladaron los individuos para su crianza masal.

Al cabo de 5 días se transfirieron los adultos a otro módulo de crianza, los huevos que quedaron en la primera colonia sirvieron para generar una nueva población y así tener alimento suficiente para los bioensayos. Las hojas de palto usadas como sustrato fueron reemplazadas cuando se observó un deterioro importante debido a la alimentación de los ácaros. Para disponer de una fuente constante de *Oligonychus beeri* se realizaron varias crianzas masales.

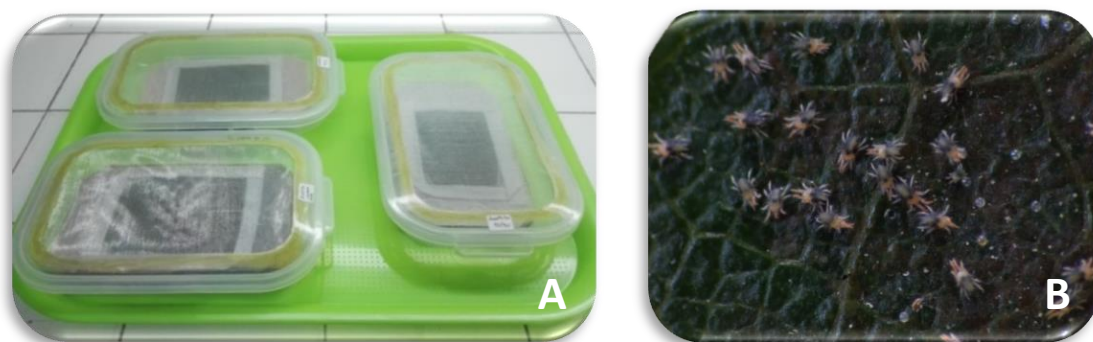


Figura 12: Crianza masal de *Oligonychus beeri* (A) Táper con los individuos, (B) Individuos de la arañita del palto

#### Crianza escalonada de *Oligonychus beeri*

El acondicionamiento fue como se indicó anteriormente, cada táper contenía 3 secciones rectangulares de hojas de palto distanciadas entre sí, las hojas se colocaron con el envés hacia abajo sobre una esponja húmeda cubierta con papel toalla, los bordes de las hojas fueron cubiertos con tiras de papel toalla (Figura 13).

Se transfirieron únicamente hembras con la ayuda de un pincel #000 desde la crianza masal hacia una hoja de palto para su oviposición, se registró la fecha y cada dos días se trasladaban las hembras a la hoja contigua y así al cabo de unos días tener suficientes larvas de presa disponibles para los bioensayos. Se agregaba regularmente agua a los tapers para mantener las hojas turgentes, además servían de barrera evitando que los ácaros escapen. Las hojas fueron reemplazadas cada 15 días debido al daño causado por los ácaros al alimentarse de ellas y los individuos que quedaban se pasaban a una nueva crianza masal.

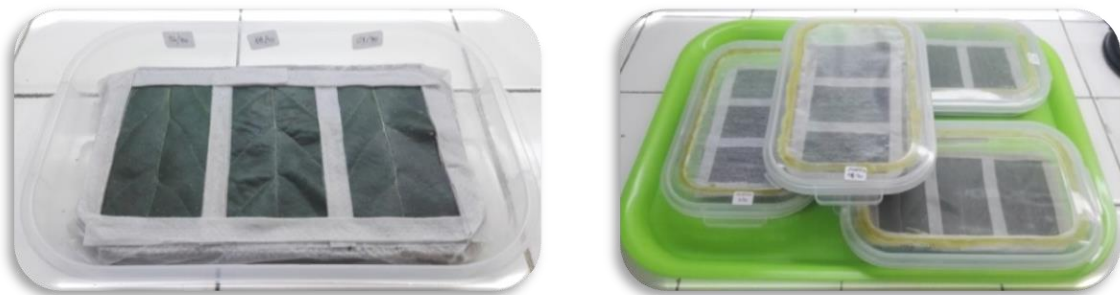


Figura 13: Crianza escalonada de *Oligonychus beeri*

### 3.6 Preferencia alimenticia de presa

La preferencia de presa de *Amblyseius aerialis* sobre los diferentes estados de desarrollo de *Oligonychus beeri*, se determinó mediante un sistema de libre elección.

Cada unidad experimental estaba constituida por un táper de 24 cm de largo por 16 cm de ancho y 3.5 cm de altura que contiene una esponja saturada con agua, sobre esta una lámina de papel toalla de la dimensión de la esponja, donde fueron ubicados 5 sectores circulares de hojas de palto (Figura 14). El borde de los sectores circulares se cubrió con tiras delgadas de papel toalla que actuaron como barrera para evitar la fuga de los ácaros. En la unión de todas las hojas de palto se ubicó un círculo de 2 cm de diámetro y sobre él un alfiler donde se colocó la hembra del ácaro predador.

Para lograr la fecundidad de la hembra, lo primero que se hizo fue aislar huevos individualmente de la masal y se hizo el seguimiento hasta el estado adulto, después del sexado se juntaron en parejas (macho y hembra) para garantizar la primera cópula de la hembra.

La hembra fecundada por primera vez y luego de 24 horas en estado de ayuno dentro de un eppendorf, se transfirió sobre la unidad experimental donde estaban distribuidos todos los

estados de *Oligonychus beeri*. Después de 24 horas, se registró el número de individuos consumidos.

Se usó un total de 82 presas discriminadas en 7, 20, 20, 20 y 15 individuos para los estados de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto respectivamente que fueron transferidos a los sectores circulares. El huevo, larva, protoninfa y deutoninfa tienen menos de 24 horas de edad y el adulto de menos de 48 horas. A las 24 horas de instalado se hizo el conteo de los individuos predados.



Figura 14: Método usado para determinar la preferencia alimenticia

### 3.7 Evaluación del ciclo de desarrollo

Con polen

El ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* se determinó alimentándolos con polen de alstroemeria o maíz. Para determinar el tiempo de desarrollo, se tomaron al azar aproximadamente 50 hembras adultas de la crianza masal y se colocaron en otro recipiente acondicionado para obtener huevos con hora exacta con el alimento deseado, la evaluación fue cada 3 horas.

Cada huevo fue individualizado con la ayuda del pincel fino #000 en un recipiente de 3 cm de altura por 5 cm de diámetro para hacer el seguimiento hasta el estado adulto, se usaron etiquetas y “post it” para el rotulado de los bioensayos y recipientes (Figura 15). Cada unidad experimental estaba compuesta de un disco de acalifa sobre papel toalla, que a su vez se apoyó sobre una esponja (0.5 cm de espesor), se añadió agua para mantener la humedad de la esponja y los bordes de la hoja cubiertos con papel toalla, además se colocó una mica en forma de “V” invertida en cada unidad experimental como refugio. Las observaciones se

hicieron bajo un microscopio estereoscopio Leica EZ4 cada 3 horas cuando estaba próximo a mudar, el cambio de fase se determinó por la presencia de la exuvia, se anotó la hora del cambio de fase y se retiró la exuvia para evitar confusión en el siguiente cambio de fase hasta la emergencia del adulto.

Se ofreció el polen de alstroemeria o maíz cada dos días y se limpiaba los residuos de la alimentación anterior con la ayuda de hisopos y alcohol. Cuando alcanzó el estado adulto se realizó el sexado, según el tamaño del individuo, ya que la hembra tiene un mayor tamaño con respecto al macho. Las réplicas en las que los predadores escaparon de los discos foliares en los bioensayos se eliminaron, se hicieron 60 repeticiones completas para cada tipo de polen.



Figura 15: Unidades experimentales con polen de maíz y alstroemeria

### Con presa

El desarrollo de *Amblyseius aerialis* se determinó alimentándolos con larvas de *Oligonychus beeri*. Para determinar el tiempo de desarrollo, se tomaron al azar aproximadamente 50 hembras adultas de la crianza masal y se colocaron en otro recipiente acondicionado para obtener huevos con hora exacta, el monitoreo fue cada 3 horas.

Cada huevo fue individualizado con la ayuda del pincel fino #000 en un recipiente de 3cm de altura por 5 cm de diámetro para hacer el seguimiento, se usaron etiquetas y post it para el rotulado de los bioensayos y recipientes (Figura 16). Cada unidad experimental está compuesta de discos de acalifa sobre papel toalla, que a su vez se apoyó sobre una esponja (0.5 cm de espesor), se añadió agua para mantener húmeda la esponja y los bordes de la hoja

cubiertos con papel toalla, además se colocó una mica en forma de “V” invertida en cada unidad experimental como refugio. Las observaciones se hicieron bajo un microscopio estereoscopio Leica EZ4 cada 3 horas cuando estaba próximo a mudar.

Para determinar el consumo de presas por los diferentes estados de *A. aerialis*, se agregó un número conocido de larvas de *Oligonychus beeri*, siendo 10, 25 y 25 para las larvas, protoninfas y deutoninfas del ácaro predador respectivamente. Después de 24 horas, se registró el número de larvas consumidas, al momento del cambio de fase las presas consumidas fueron retiradas con un pincel y reemplazadas por otras.

El cambio de fase se determinó por la presencia de exuvia, se anotó la hora del cambio de fase y se retiró la exuvia para evitar confusión en el siguiente cambio de fase hasta la emergencia del adulto. Cuando alcanzó el estado adulto se realizó el sexado, según el tamaño del individuo, ya que la hembra tiene un mayor tamaño con respecto al macho. Las réplicas donde el predador escapó de los discos foliares en los bioensayos se eliminaron, se hicieron 60 repeticiones completas.



Figura 16: Unidades experimentales con *Oligonychus beeri* y maíz

### 3.8 Análisis estadístico

Se aplicaron las pruebas de homogeneidad de varianzas (Bartlett) y normalidad (Shapiro - Wilk) y se determinó el uso de pruebas no paramétricas de Kruskal – Wallis y Mann – Whitney, según el número de factores, con un nivel de significancia de 0.05. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico “R”. Para los gráficos se utilizó la hoja de cálculo Excel.



## CAPÍTULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis*

Se presentarán los resultados del ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* en forma separada por sexo y por cada estado de desarrollo y dieta (polen de alstroemeria, de maíz y larvas de *O. beeri*).

##### 4.1.1 Ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* con tres tipos de alimentos

La duración del ciclo de desarrollo total promedio de todos los individuos estudiados (sin considerar sexo, sino de manera general) fue menor cuando se alimentaba con *Oligonychus beeri* (7.99 días), un poco mayor cuando se alimentaba con polen de maíz (8.18 días) y más largo cuando se alimentaba con polen de alstroemeria (8.32 días) ( $X^2 = 35.786$ , p-value < 0.001) (Tabla 1, Figura 17), para ello se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis (Anexo 1).

Para el estado de larva no hubo diferencias significativas entre las tres dietas ( $X^2 = 0.55766$ , p-value = 0.7567), mientras que para los estados: huevo (obtenido de hembras alimentadas con cada tipo de dieta), protoninfa, deutoninfa y el ciclo total se registraron diferencias altamente significativas entre los tiempos medios de desarrollo entre las tres dietas. La duración del estado de huevo, cuando las hembras fueron alimentadas con polen de alstroemeria fue de 3.05 días, polen de maíz 2.55 días y presa 2.66 días ( $X^2 = 93.311$ , p-value < 0.001), siendo mayor con el polen de alstroemeria, mientras que para la duración de la protoninfa se observó que fue mayor cuando se alimentó con *Oligonychus beeri* 2.09 días y polen de maíz 2.10 días las cuales son estadísticamente similares ( $X^2 = 15.082$ , p-value < 0.001). La duración de la deutoninfa fue mayor con la dieta de polen de maíz (2.31 días), respecto a las dietas de polen de alstroemeria (2.08 días) y presa *O. beeri*. (2.05 días), siendo las dos últimas estadísticamente similares ( $X^2 = 22.949$ , p-value < 0.001).

**Tabla 1: Duración promedio ( $\pm$  DE) en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	n	Duración (días)				
		Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
<b>Alstroemeria</b>	60	3.05 $\pm$ 0.16 a	1.19 $\pm$ 0.12 a	1.99 $\pm$ 0.09 b	2.08 $\pm$ 0.07 b	8.32 $\pm$ 0.13 a
<b>Ácaro</b>	60	2.66 $\pm$ 0.28 b	1.19 $\pm$ 0.10 a	2.09 $\pm$ 0.23 a	2.05 $\pm$ 0.11 b	7.99 $\pm$ 0.36 c
<b>Maíz</b>	60	2.55 $\pm$ 0.29 c	1.22 $\pm$ 0.18 a	2.10 $\pm$ 0.19 a	2.31 $\pm$ 0.39 a	8.18 $\pm$ 0.60 b

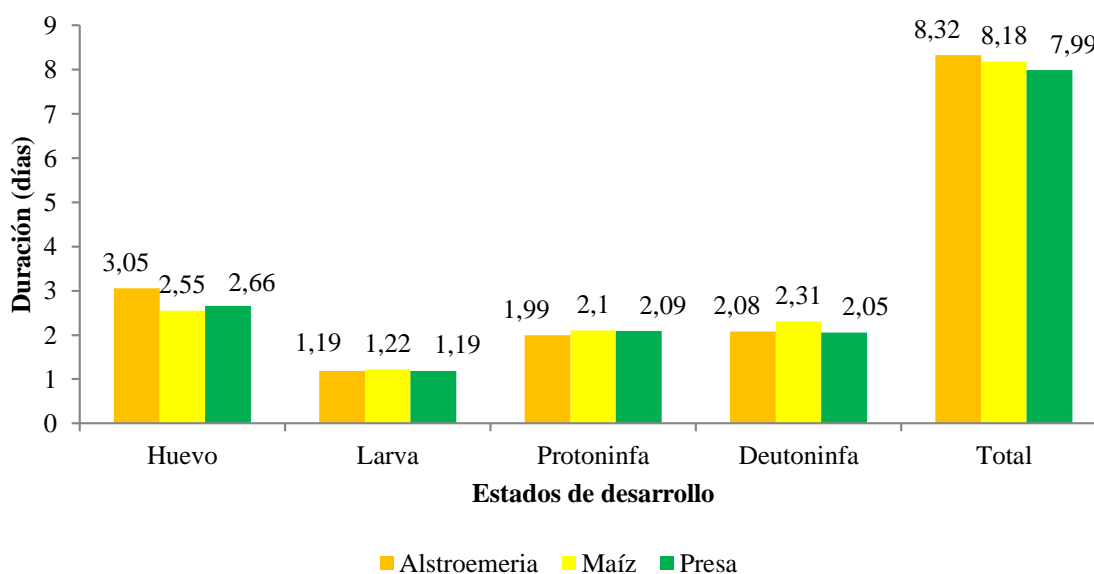


Figura 17: Duración promedio ( $\pm$  DE) en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

En esta investigación se mostró que *Amblyseius aerialis* fue capaz de alimentarse y completar su ciclo de desarrollo con los tres tipos de dietas, se encontró que el ciclo de desarrollo (huevo a adulto) era menor cuando se alimentaba con presa a diferencia del polen (Tabla 1), fue similar a lo reportado para esta especie por Beltrán y Da Silva (2008) y a *A. swirskii* por Onzo *et al.* (2012) y Park *et al.* (2011).

Estas diferencias en el ciclo de desarrollo cuando se alimentó con cada tipo de polen y presa, se pueden deber a los contenidos nutricionales de cada dieta, ya que se reporta que el valor nutricional del polen es distinto según la especie de planta que proviene (Nicolson, 2011) y con respecto a la presa, también se menciona que diferentes presas pueden proporcionar diferentes contenidos nutricionales (Hoy, 2011).

El ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis* alimentado con polen de maíz es de 8.18 días, este valor fue mayor a lo reportado para *A. swirskii* con la misma dieta, encontrándose 7.16 días (Nemati y Riahi, 2019), 6.9 días (Zannou y Hanna, 2011) y 7.48 días (Onzo *et al.*, 2012), éstas diferencias podrían deberse a las condiciones de temperatura mayor (25 °C) para *A. swirskii*, la calidad del polen utilizado y características de la propia especie.

El periodo de incubación de *A. aerialis* alimentado con polen de alstroemeria fue 3.05 días y con polen de maíz 2.55 días, fue mayor a lo reportado por Beltrán y Da Silva (2008) para *A. aerialis* a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de HR, donde usaron polen de *Ricinus communis* y *Typha angustifolia* y obtuvieron valores de 1.68 y 1.19 días respectivamente.

El tiempo de desarrollo de larva de *A. aerialis* alimentada con polen de alstroemeria fue 1.19 días y polen de maíz 1.22 días, son valores ligeramente superiores a lo reportado por Beltrán y Da Silva (2008) con polen de *Ricinus communis* obteniendo 1.03 días, pero inferiores a 1.29 días de *Typha angustifolia*.

El tiempo de desarrollo de protoninfa de *A. aerialis* alimentada con polen de alstroemeria fue 1.99 días y con polen de maíz 2.01 días, fueron ligeramente superiores a la dieta de polen de *Typha angustifolia*, 1.87 días, pero inferior a *Ricinus communis* 2.38 días, reportado por Beltrán y Da Silva (2008).

La duración del estado de deutoninfa de *A. aerialis* alimentada con polen de alstroemeria fue 2.08 días y con polen de maíz 2.31 días; fue mayor a lo reportado por Beltrán y Da Silva (2008) quienes emplearon polen de *Ricinus communis* y *Typha angustifolia*, con valores 1.70 y 2.11 días respectivamente.

El ciclo de desarrollo (de huevo a adulto) de *A. aerialis* alimentado con polen de alstroemeria fue 8.32 días y con polen de maíz 8.18 días (Tabla 1), fue mayor a lo reportado por Beltrán y Da Silva (2008) que emplearon polen de *Ricinus communis* y *Typha angustifolia*, encontrando valores de 6.80 y 6.54 días, respectivamente. Las diferencias obtenidas con respecto a Beltrán y Da Silva (2008), ello se podría deber a que dichos autores emplearon una mayor temperatura, 25 °C, y a las fuentes de polen pertenecientes a especies de plantas diferentes, ya que, según Nicolson (2011), el valor nutricional del polen depende de las especies de plantas.

El ciclo de desarrollo (de huevo a adulto) de *A. aerialis* alimentado con *O. beeri* como presa fue 7.99 días, resultando mayor a lo reportado por Beltrán y Da Silva (2008) quienes emplearon *Brevipalpus phoenicis* (5.96 días), y a lo obtenido por Amaral (2017) y Amaral *et al.* (2018), quienes alimentaron con *Raoiella indica* (6.6 días), asimismo ligeramente menor a lo reportado por Ramos (1989) y Ramos (1993) quienes alimentaron con *Panonychus citri* (7.29 días). En la presente investigación se encontró que el tiempo de desarrollo total fue mayor frente a lo encontrado por los demás autores, la diferencia se podría deber a que emplearon una mayor temperatura (25 °C), por otra parte, las dietas evaluadas son diferentes, según Hoy (2011), las preferencias de dieta pueden ser específicas, y diferentes presas pueden proporcionar diferentes contenidos nutricionales.

#### 4.1.2 Efecto de la dieta en el desarrollo del macho de *Amblyseius aerialis*

##### A) Efecto de la dieta en el estado de huevo

Se encontró que el periodo de incubación duraba 3.15, 2.59 y 2.77 días cuando se alimentaba a la hembra con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. Los huevos se desarrollaron más rápido de hembras alimentadas con polen de maíz, seguido de *O. beeri* y el desarrollo más lento fue al usar polen de alstroemeria. Se registró diferencias altamente significativas entre los tiempos medios en todas las dietas, para ello se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis ( $X^2 = 48.60$ , p-value < 0.001,  $\alpha = 0.05$ ). (Tabla 2, Figura 18 y Anexo 2). Lo que nos demostraría que el tiempo de incubación estaría influenciado por el tipo de dieta de la hembra.

**Tabla 2: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de huevo que dió como origen al macho de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	3.15 $\pm$ 0.15 a	3.38	2.79
<b>Maíz</b>	2.59 $\pm$ 0.26 c	3.04	2.21
<b>Presa</b>	2.77 $\pm$ 0.19 b	3.04	2.46

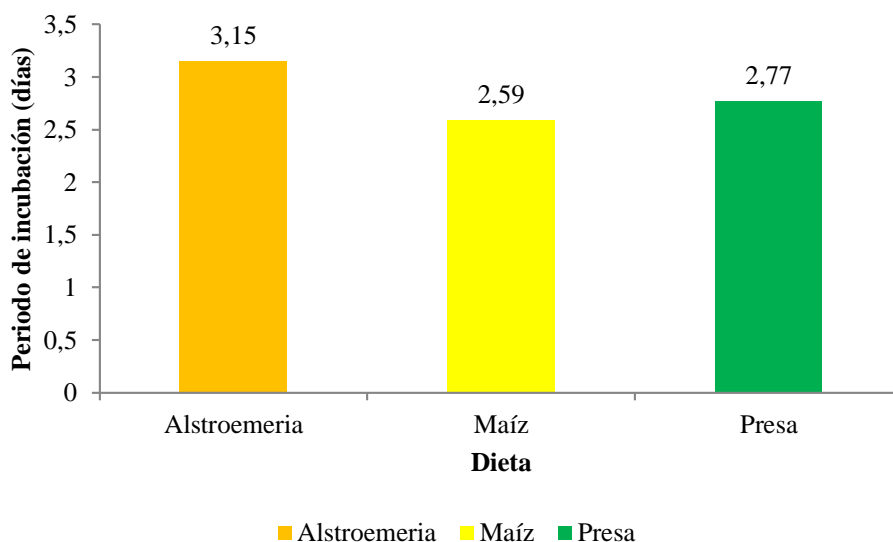


Figura 18: Duración promedio en días del estado de huevo que dió como origen al macho de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

### B) Efecto de la dieta en el estado de larva

La duración del estado larval de *A. aerialis* fue de 1.14, 1.17 y 1.18 días cuando se alimentaba con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. No hubo diferencias significativas entre los tiempos medios en todas las dietas, de acuerdo al resultado de la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 1.784$ ,  $p\text{-value} = 0.410 > \alpha = 0.05$ . (Tabla 3, Figura 19 y Anexo 2), lo que demostraría que la duración del estado larval no estaría influenciada por el tipo de dieta.

Tabla 3: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de larva que dió como origen al macho de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	1.14 $\pm$ 0.13 a	1.42	0.92
<b>Maíz</b>	1.17 $\pm$ 0.16 a	1.5	0.96
<b>Presa</b>	1.18 $\pm$ 0.10 a	1.33	1.00

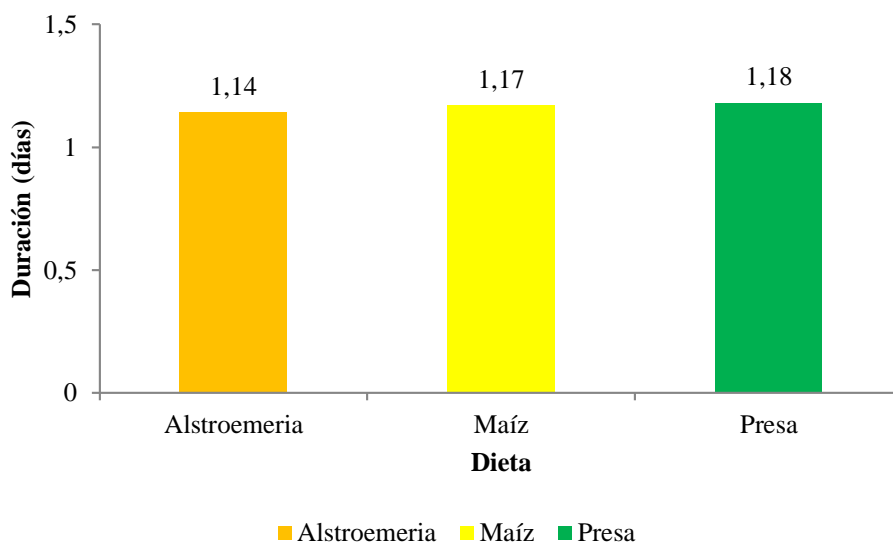


Figura 19: Duración promedio en días del estado de larva que dió como origen al macho de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

### C) Efecto de la dieta en el estado de protoninfa

Se encontró que el estado de protoninfa duraba 1.94, 2.03 y 1.95 días cuando se alimentó con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. Las protoninfas se desarrollaron más rápido cuando se alimentaban con alstroemeria y *O. beeri* y el desarrollo más lento fue con polen de maíz. Se registró diferencias significativas entre los tiempos medios de desarrollo de la protoninfa con la dieta de maíz con respecto al tiempo de desarrollo con las dietas de alstroemeria y *O. beeri*, éstos dos últimos fueron estadísticamente similares. Para ello se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 8.953$ ,  $p\text{-value} = 0.011 < \alpha = 0.05$ . (Tabla 4, Figura 20 y Anexo 2).

**Tabla 4: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de protoninfa que dió como origen al macho de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	$1.94 \pm 0.10$ b	2.13	1.75
<b>Maíz</b>	$2.03 \pm 0.14$ a	2.29	1.75
<b>Presa</b>	$1.95 \pm 0.12$ b	2.13	1.75

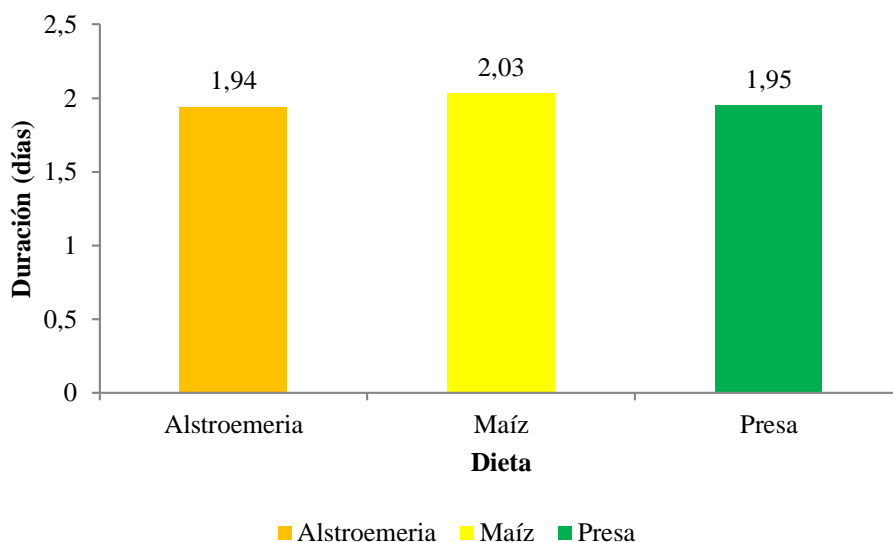


Figura 20: Duración promedio en días del estado de protoninfa que dió como origen al macho de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

#### D) Efecto de la dieta en el estado de deutoninfa

Se encontró que la duración del estado deutoninfa de *A. aeralis* fue de 2.10, 2.08 y 2.09 días cuando se alimentaba con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. La duración de la deutoninfa de los machos de *A. aeralis* no mostró diferencias significativas para las tres dietas, según la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 0.126$ ,  $p\text{-value} = 0.939 > \alpha = 0.05$ . (Tabla 5, Figura 21 y Anexo 2) lo que nos demostraría que el tiempo de desarrollo del estado de protoninfa no estaría influenciado por el tipo de dieta.

**Tabla 5: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de deutoninfa que dió como origen al macho de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	2.10 $\pm$ 0.09 a	2.25	2.00
<b>Maíz</b>	2.08 $\pm$ 0.12 a	2.29	1.71
<b>Presa</b>	2.09 $\pm$ 0.09 a	2.25	1.88

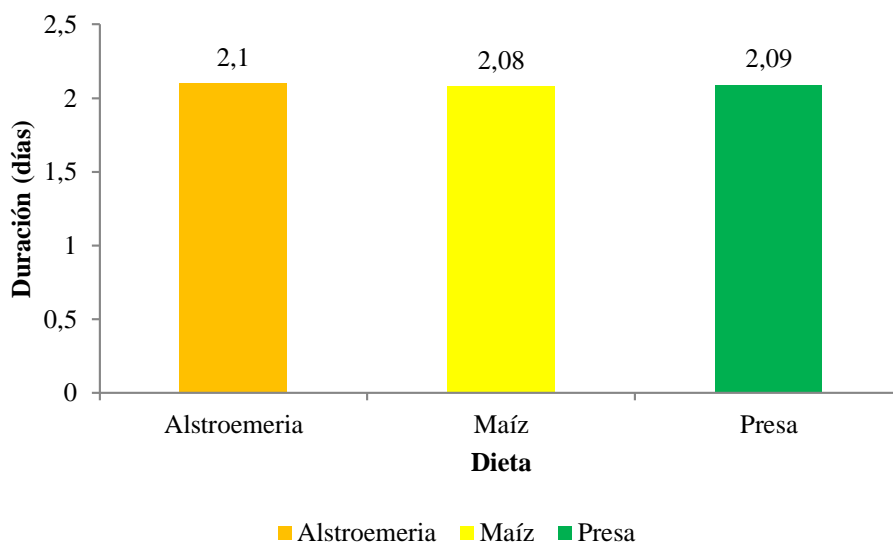


Figura 21: Duración promedio en días del estado de deutoninfa que dió como origen al macho de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

#### E) Efecto de la dieta en el ciclo total de desarrollo del macho

Se observó que el tiempo de desarrollo del macho de *A. aeralis* cuando se alimentaba con polen de alstroemeria, *O. beeri* como presa y polen de maíz, ordenados de mayor a menor duración fue 8.33 días, seguido por 7.98 días y finalmente 7.86 días respectivamente. Se registró diferencias altamente significativas entre los tiempos medios del desarrollo de huevo a adulto con la dieta de alstroemeria con respecto a las dietas de maíz y *O. beeri*, éstas dos últimas fueron estadísticamente similares, para ello se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 30.855$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$  (Tabla 6, Tabla 7, Figura 22, Figura 23 y Anexo 2).

**Tabla 6: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del ciclo de desarrollo total del macho de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	$8.33 \pm 0.13$ a	8.51	8.09
<b>Maíz</b>	$7.86 \pm 0.39$ b	8.55	7.09
<b>Presa</b>	$7.98 \pm 0.20$ b	8.33	7.58



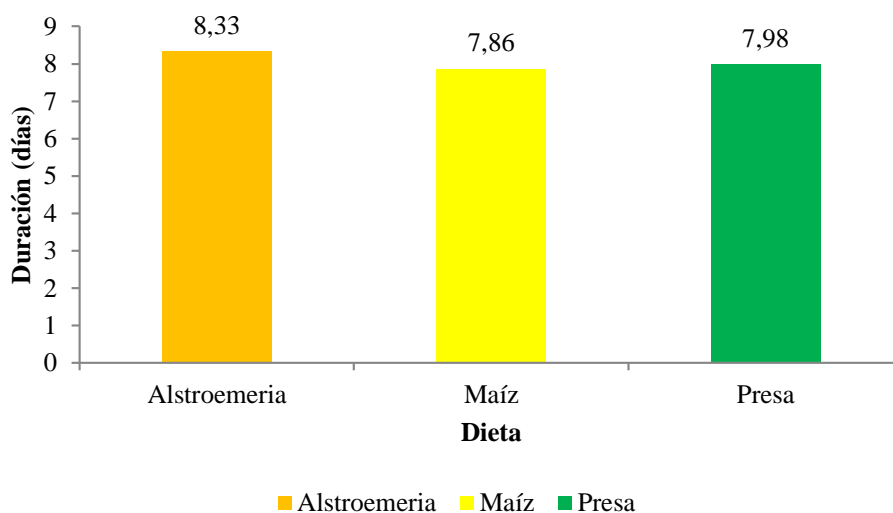


Figura 22: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total del macho de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

**Tabla 7: Duración promedio en días ( $\pm$  DE) del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros que originaron al macho de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)				
	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
<b>Alstroemeria</b>	$3.15 \pm 0.15$ a	$1.14 \pm 0.13$ a	$1.94 \pm 0.10$ b	$2.10 \pm 0.09$ a	$8.33 \pm 0.13$ a
<b>Maíz</b>	$2.59 \pm 0.26$ c	$1.17 \pm 0.16$ a	$2.03 \pm 0.14$ a	$2.08 \pm 0.12$ a	$7.86 \pm 0.39$ b
<b>Presa</b>	$2.77 \pm 0.19$ b	$1.18 \pm 0.10$ a	$1.95 \pm 0.12$ b	$2.09 \pm 0.09$ a	$7.98 \pm 0.20$ b

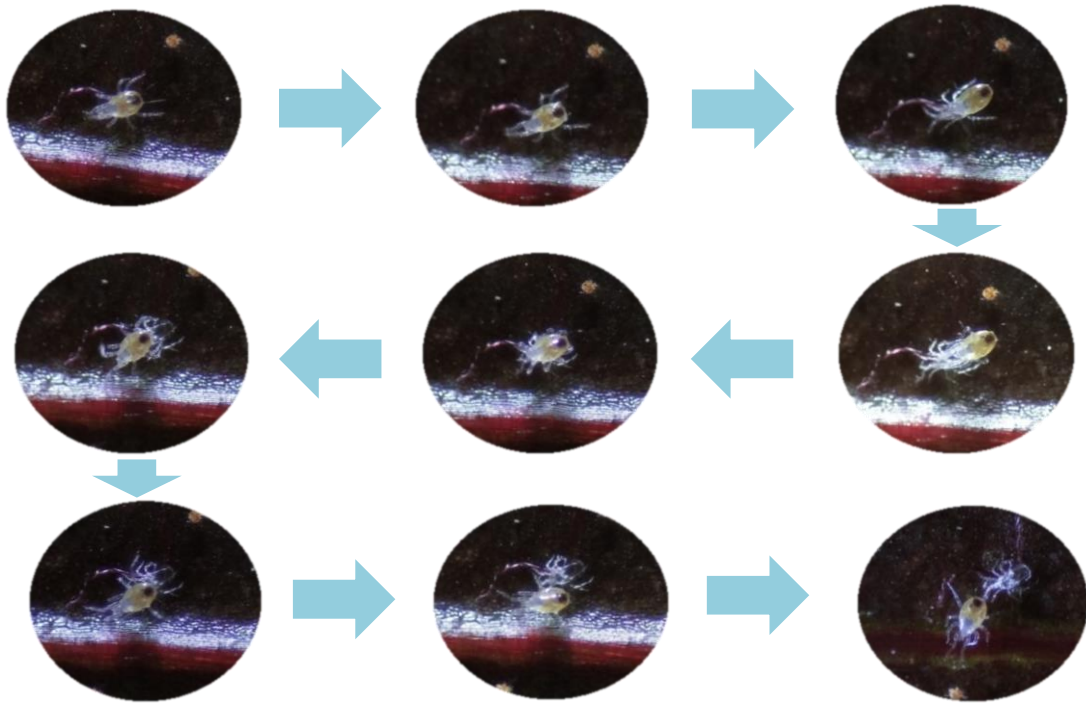


Figura 23: Proceso de muda de la deutoninfa a adulto del macho de *Amblyseius aerialis*

#### 4.1.3 Efecto de la dieta en el desarrollo de la hembra de *Amblyseius aerialis*

##### A) Efecto de la dieta en el estado de huevo

Se encontró que el periodo de incubación duraba 2.98, 2.49 y 2.59 días cuando se alimentaba a la hembra con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. Los huevos se desarrollaron más rápido de hembras alimentadas con polen de maíz y *O. beeri* y el desarrollo más lento fue al usar polen de alstroemeria. Se observó una diferencia altamente significativa entre la dieta de alstroemeria sobre las dietas de maíz y *O. beeri*, las dos últimas dietas fueron estadísticamente similares, según la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 51.773$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$ . (Tabla 8, Figura 24 y Anexo 3).

**Tabla 8: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de huevo que dió como origen a la hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	2.98 $\pm$ 0.12 a	3.25	2.75
<b>Maíz</b>	2.49 $\pm$ 0.32 b	3.00	1.92
<b>Presa</b>	2.59 $\pm$ 0.30 b	3.00	1.88

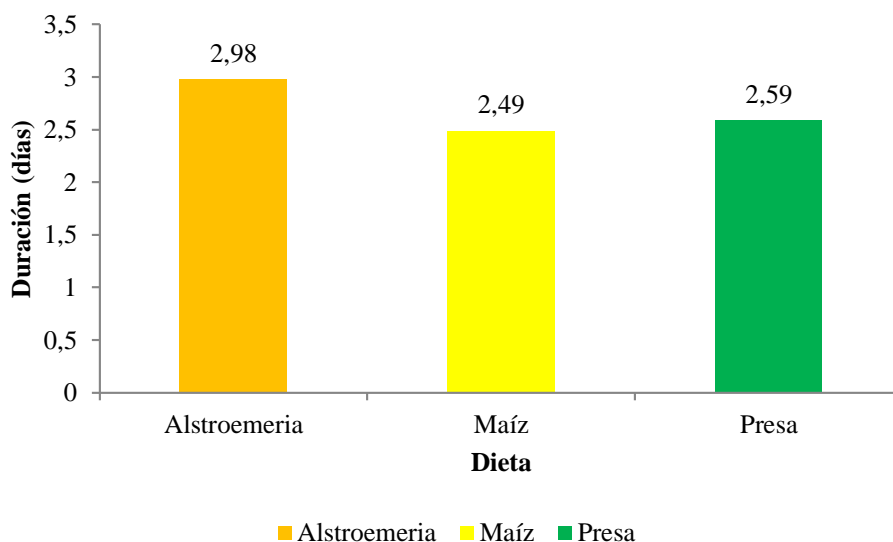


Figura 24: Duración promedio en días del estado de huevo que dió como origen a la hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

## B) Efecto de la dieta en el estado de larva

Se encontró que la duración del estado larval de *A. aerialis* duraba 1.23, 1.30 y 1.20 días cuando se alimentaba con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. No mostró diferencias significativas entre las dietas de alstroemeria y *O. beeri* y tampoco entre alstroemeria y maíz, pero sí entre maíz y *O. beeri*, para ello se utilizó la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 4.969$ ,  $p\text{-value} = 0.083 > \alpha = 0.05$ . (Tabla 9, Figura 25 y Anexo 3).

Tabla 9: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de larva que dió como origen a la hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	1.23 $\pm$ 0.10 ab	1.38	1.00
<b>Maíz</b>	1.30 $\pm$ 0.18 a	1.58	0.96
<b>Presa</b>	1.20 $\pm$ 0.10 b	1.38	0.96

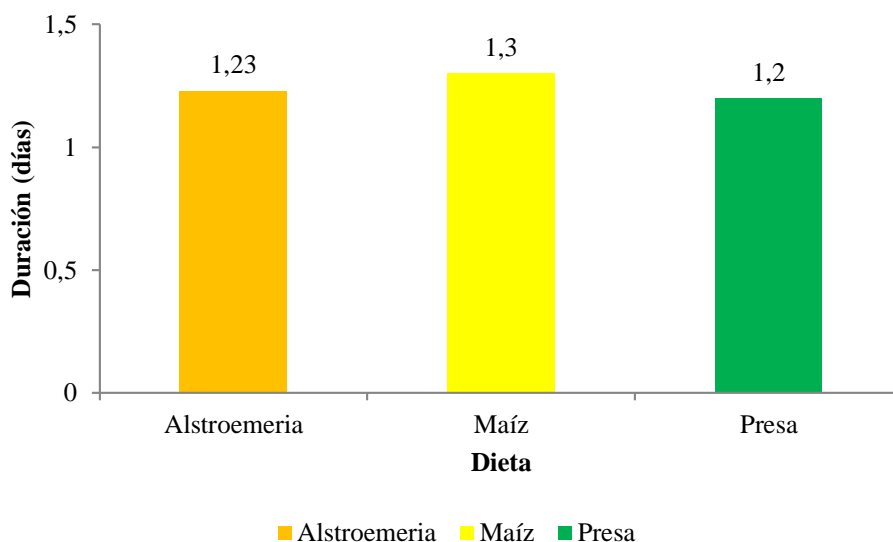


Figura 25: Duración promedio en días del estado de larva que dió como origen a la hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

### C) Efecto de la dieta en el estado de protoninfa

El estado de protoninfa duró 2.03, 2.20 y 2.18 días cuando se alimentaba con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. Se registró diferencias significativas entre los alimentados con alstroemeria sobre las otras dietas de maíz y *O. beeri*, sin embargo, estas dos últimas fueron estadísticamente similares, de acuerdo con la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 18.518$ , p-value < 0.001,  $\alpha = 0.05$ . (Tabla 10, Figura 26 y Anexo 3).

Tabla 10: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de protoninfa que dió como origen a la hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
<b>Alstroemeria</b>	2.03 $\pm$ 0.06 b	2.17	1.92
<b>Maíz</b>	2.20 $\pm$ 0.20 a	2.71	1.88
<b>Presa</b>	2.18 $\pm$ 0.24 a	2.79	1.83

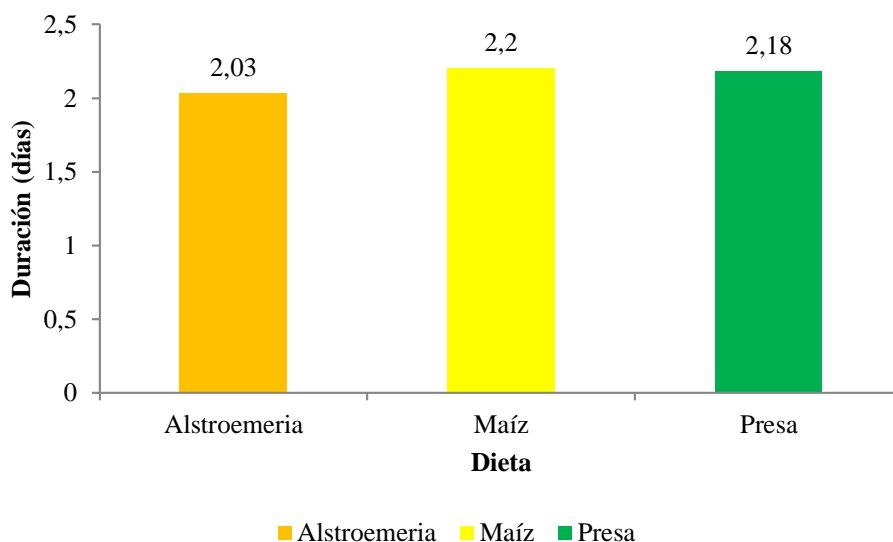


Figura 26: Duración promedio en días del estado de protoninfa que dió como origen a la hembra de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

#### D) Efecto de la dieta en el estado de deutoninfa

La duración de la deutoninfa de *A. aequalis* fue de 2.06, 2.61 y 2.03 días cuando se alimentaba con alstroemeria, maíz y *Oligonychus beeri* respectivamente. La deutoninfa se desarrolló más rápido con *O. beeri* como alimento, seguido del polen de alstroemeria y el desarrollo más lento fue al usar polen de maíz. Se registró diferencias significativas entre todas las dietas, según la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 42.473$ , p-value < 0.001,  $\alpha = 0.05$ . (Tabla 11, Figura 27 y Anexo 3) lo que nos demostraría que el tiempo de desarrollo de la deutoninfa estaría influenciado por el tipo de dieta.

Tabla 11: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del estado de deutoninfa que dió como origen a la hembra de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
Alstroemeria	2.06 $\pm$ 0.05 b	2.21	2.00
Maíz	2.61 $\pm$ 0.42 a	3.17	2.00
Presa	2.03 $\pm$ 0.12 c	2.25	1.83

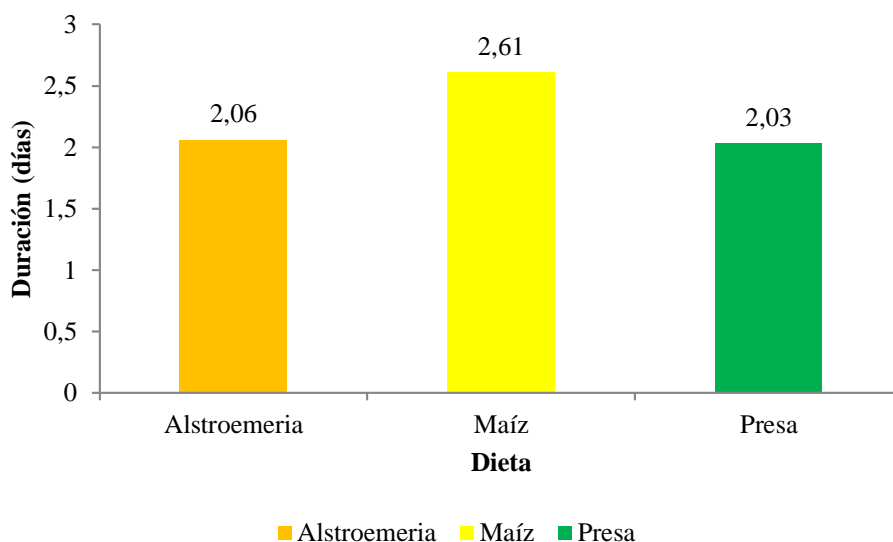


Figura 27: Duración promedio en días del estado de deutoninfa que dió como origen a la hembra de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

#### E) Efecto de la dieta en el ciclo total de desarrollo de la hembra

Se observó que el tiempo de desarrollo de la hembra de *A. aeralis* cuando se alimentaba con maíz, alstroemeria y *Oligonychus beeri*, duraba 8.59, 8.31 y 8 días, respectivamente. Se registró diferencias altamente significativas entre los tiempos medios del desarrollo de (huevo a adulto) con la dieta de *O. beeri* con respecto a las dietas de alstroemeria y maíz, estas dos últimas dietas fueron estadísticamente similares, utilizando para ello la prueba estadística de Kruskal Wallis:  $X^2 = 27.341$ , p-value < 0.001,  $\alpha = 0.05$ . (Tabla 12, Tabla 13, Figura 28, Figura 29, Figura 30 y Anexo 3).

Tabla 12: Duración promedio ( $\pm$  DE) y rango en días del ciclo desarrollo total de la hembra de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Duración (días)		
	Media	Máx	Mín
Alstroemeria	8.31 $\pm$ 0.13 a	8.58	8.09
Maíz	8.59 $\pm$ 0.59 a	9.42	7.29
Presa	8.00 $\pm$ 0.43 b	9.17	7.13

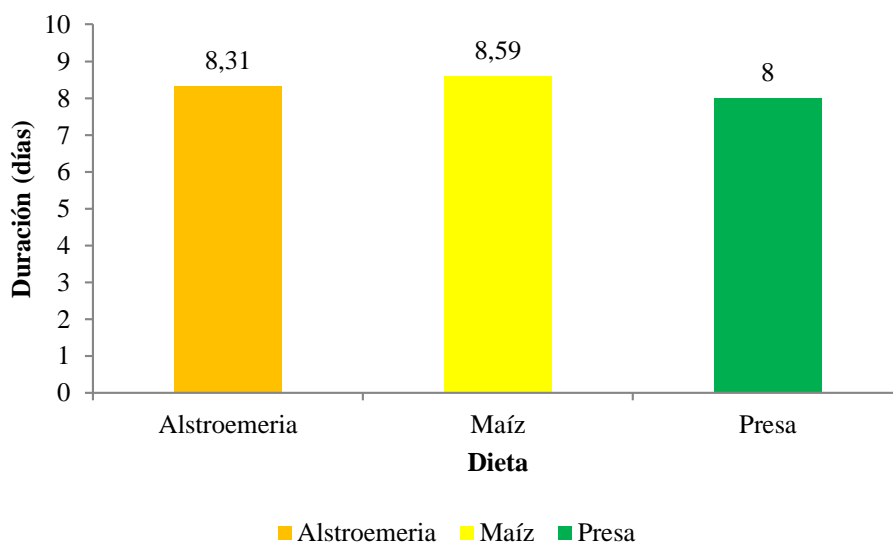


Figura 28: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total de la hembra de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

**Tabla 13: Duración promedio en días ( $\pm$  DE) del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros que originaron a la hembra de *A. aequalis* Muma (Phytoseiidae) con tres tipos de alimentos [polen (*Alstroemeria* sp.), maíz (*Zea mays*) y presa (*Oligonychus beeri*)] en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Duración (días)				
	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
<b>Alstroemeria</b>	$2.98 \pm 0.12$ a	$1.23 \pm 0.10$ ab	$2.03 \pm 0.06$ b	$2.06 \pm 0.05$ b	$8.31 \pm 0.13$ a
<b>Maíz</b>	$2.49 \pm 0.32$ b	$1.30 \pm 0.18$ a	$2.20 \pm 0.20$ a	$2.61 \pm 0.42$ a	$8.59 \pm 0.59$ a
<b>Presa</b>	$2.59 \pm 0.30$ b	$1.20 \pm 0.10$ b	$2.18 \pm 0.24$ a	$2.03 \pm 0.12$ c	$8.00 \pm 0.43$ b

Los tres tipos de dietas han dado lugar a tiempos de desarrollo variables para el desarrollo de la hembra y el macho de *Amblyseius aequalis*. Este ácaro Phytoseiidae es un predador generalista (Ramos y Rodríguez 2006, Beltrán y Da Silva 2008), de hábitos alimenticios muy variados, *A. aequalis* logró completar su desarrollo con los tres tipos de dietas.

Las diferencias en los tiempos de desarrollo se podrían deber a que las fuentes de polen pertenecen a especies de plantas diferentes y la otra fuente de alimento es de presa (*Oligonychus beeri*), además entre ellas se diferencian por la calidad y cantidad del alimento ingerido por individuo (Vargas *et al.*, 2013), asimismo Nicolson (2011), menciona que el valor nutricional del polen depende de las especies de plantas, y que estos pueden afectar sus parámetros de vida (Goleva & Zebitz, 2013).

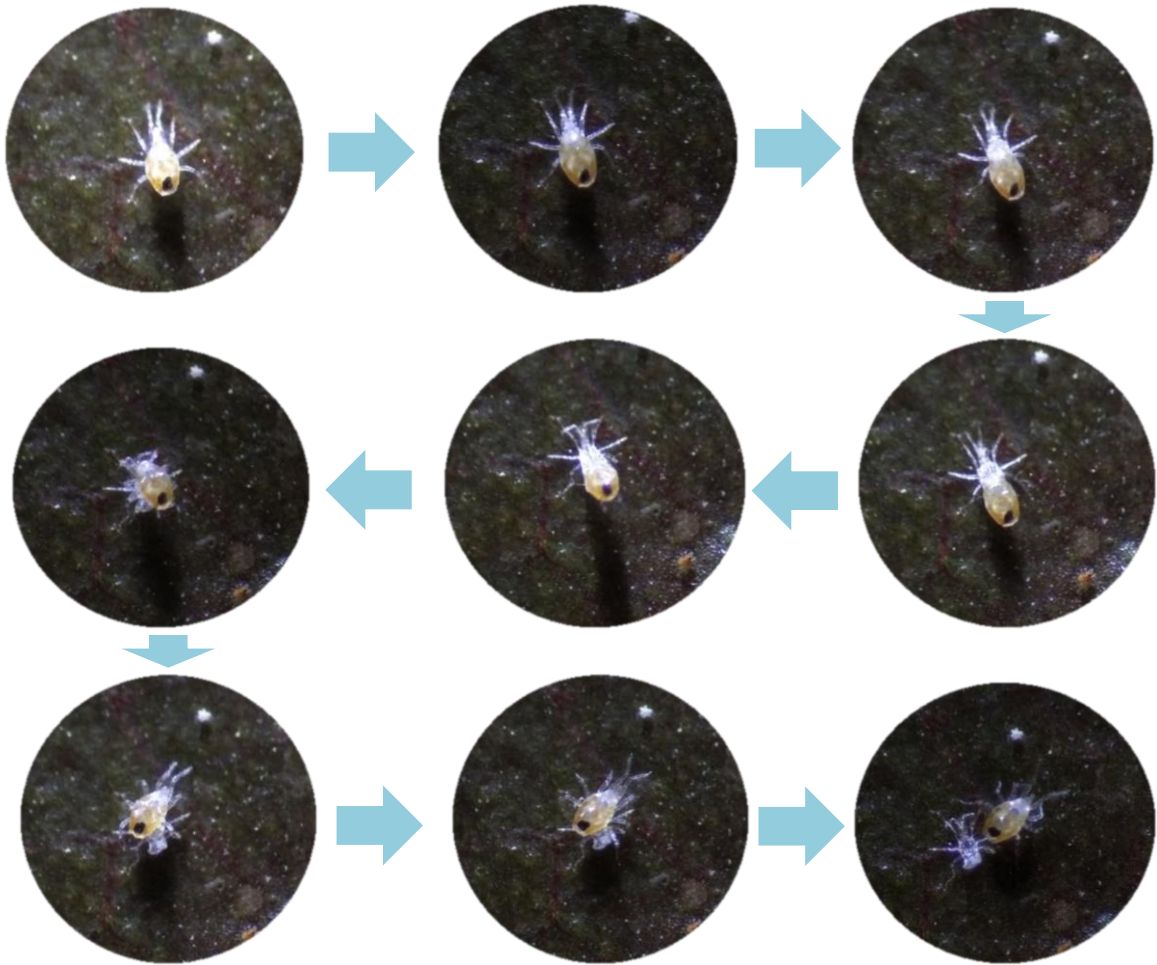


Figura 29: Proceso de muda de la deutoninfa a adulto de la hembra de *Amblyseius aerialis*

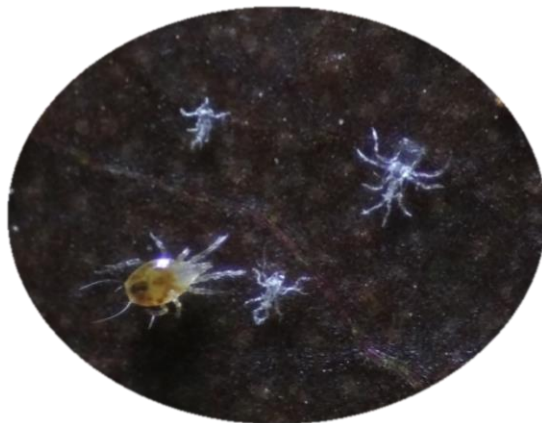


Figura 30: Hembra de *Amblyseius aerialis* con las tres mudas de sus diferentes estados

#### 4.1.4 Comparación del macho y hembra sobre las diferentes dietas

##### A) Alstroemeria

Se encontró que la duración media de desarrollo comparando ambos sexos alimentados con polen de alstroemeria fue de 8.33 días para el macho y 8.31 días para la hembra, el desarrollo



total (p-value = 0.443) fue no significativo, encontrándose variaciones en los estados de desarrollo así tenemos que para los estados de huevo y protoninfa fue muy altamente significativa (p-value < 0.001), para la larva fue altamente significativa (p-value = 0.003) y para el estado de deutoninfa (p-value = 0.132) fue no significativo, para ello se utilizó la prueba estadística Mann Whitney (Tabla 14, Figura 31 y Anexo 4). Lo que nos demostraría que el tiempo de desarrollo promedio entre los estados huevo, larva y protoninfa estaría influenciado por el polen de alstroemeria, no ocurre lo mismo para el estado de deutoninfa y el desarrollo total.

**Tabla 14: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aeralis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de alstroemeria (*Alstroemeria* sp.), en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Sexo	n	Duración (días)				
			Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
Alstroemeria	Macho	26	3.15 ± 0.15 a	1.14 ± 0.13b	1.94 ± 0.10 b	2.10 ± 0.09 a	8.33 ± 0.13 a
	Hembra	34	2.98 ± 0.12b	1.23 ± 0.10 a	2.03 ± 0.06 a	2.06 ± 0.05 a	8.31 ± 0.13 a
<b>Significancia</b>			***	**	***	ns	ns
<b>p-valor</b>			< 0.001	0.003	< 0.001	0.132	0.443

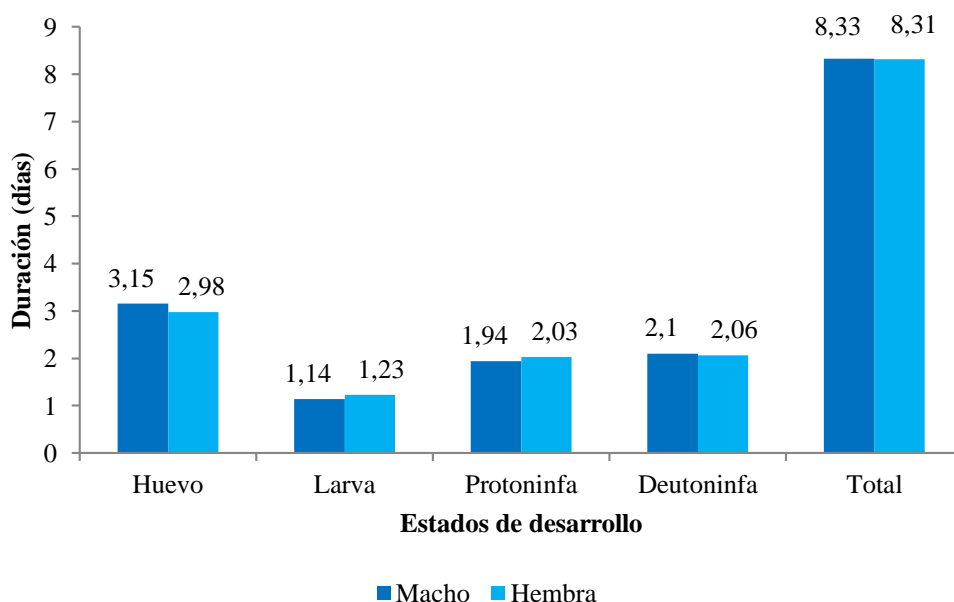


Figura 31: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de alstroemeria (*Alstroemeria* sp.), en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

## B) Maíz

Se encontró que la duración media de desarrollo comparando ambos sexos alimentados con polen de maíz fue de 7.86 días para el macho y 8.59 días para la hembra, el desarrollo total fue muy altamente significativo (p-value < 0.001), encontrándose variaciones en los estados de desarrollo así tenemos que para el estado de huevo no mostró diferencia significativa (p-value = 0.081), sin embargo para los estados de larva y protoninfa fue altamente significativa (p-value = 0.006), mientras que para el estado de deutoninfa fue muy altamente significativo (p-value < 0.001), para ello se utilizó la prueba estadística Mann Whitney (Tabla 15, Figura 32 y Anexo 4). Lo que nos demostraría que el desarrollo de la larva, protoninfa, deutoninfa y el desarrollo total estaría influenciado por la dieta, no ocurre lo mismo para el estado de huevo donde no se encontró la influencia de la dieta en su desarrollo.

**Tabla 15: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de maíz (*Zea mays*) en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	Sexo	n	Duración (días)				
			Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
Maíz	Macho	34	2.59 ± 0.26 a	1.17 ± 0.16 b	2.03 ± 0.14 b	2.08 ± 0.12 b	7.86 ± 0.39 b
	Hembra	26	2.49 ± 0.32 a	1.30 ± 0.18 a	2.20 ± 0.20 a	2.61 ± 0.42 a	8.59 ± 0.59 a
<b>Significancia</b>			ns	**	**	***	***
<b>p-valor</b>			0.081	0.006	0.006	< 0.001	< 0.001

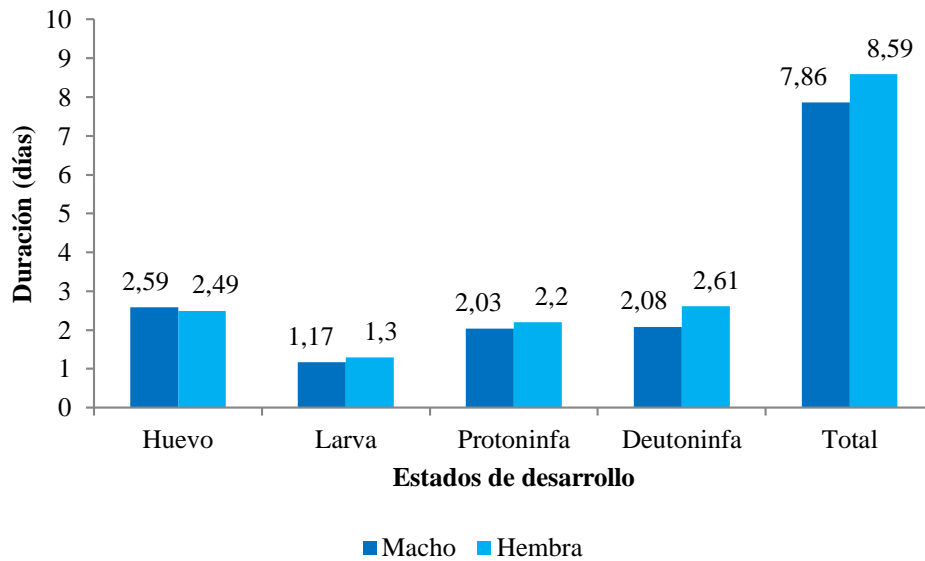


Figura 32: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con polen de maíz (*Zea mays*), en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

### C) Presa

Se encontró que la duración media de desarrollo comparando ambos sexos alimentados con *O. beeri* como presa fue de 7.98 días para el macho y 8 días para la hembra, el desarrollo total (p-value = 0.871) no tuvo diferencia significativa, encontrándose variaciones en los estados de desarrollo así tenemos que para los estados de huevo (p-value = 0.026) y deutoninfa (p-value = 0.034) hubo diferencia significativa, mientras que para el estado de larva (p-value = 0.348) no hubo diferencia significativa y para el estado de protoninfa (p-value < 0.001) fue muy altamente significativa, para ello se utilizó la prueba estadística Mann Whitney (Tabla 16, Figura 33, Figura 34 y Anexo 4). Lo que nos demostraría que el desarrollo de los estados de huevo, protoninfa y deutoninfa estaría influenciado por el tipo de dieta, ocurre lo contrario para el estado de larva y la duración total.

Tabla 16: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con presa *Oligonychus beeri*, en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Dieta	Sexo	n	Duración (días)				
			Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Total
Presa	Macho	23	2.77 ± 0.19 a	1.18 ± 0.10 a	1.95 ± 0.12 b	2.09 ± 0.09 a	7.98 ± 0.20 a
	Hembra	37	2.59 ± 0.30 b	1.20 ± 0.10 a	2.18 ± 0.24 a	2.03 ± 0.12 b	8.00 ± 0.43 a
<b>Significancia</b>			*	ns	***	*	ns
<b>p-valor</b>			0.026	0.348	< 0.001	0.034	0.871

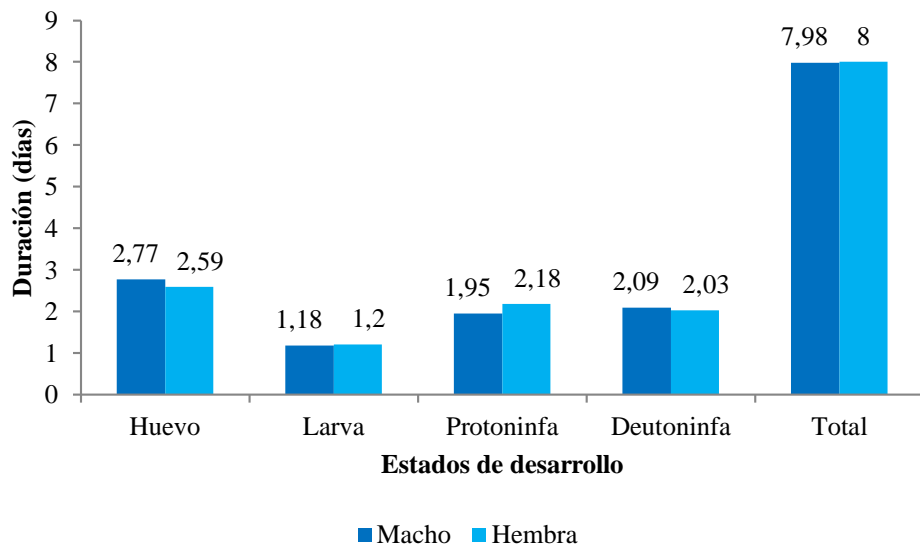


Figura 33: Duración promedio en días del ciclo de desarrollo total y de los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) alimentado con presa *Oligonychus beeri*, en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

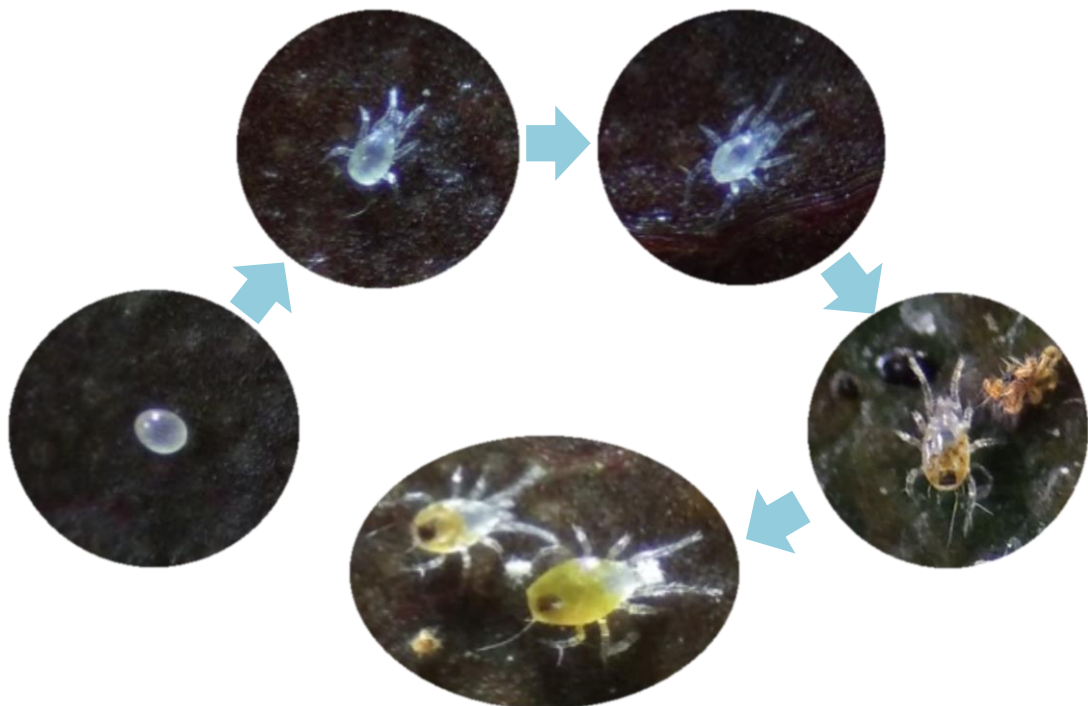


Figura 34: Ciclo de desarrollo de *Amblyseius aerialis*, desde huevo a adulto

Se encontró que el desarrollo total de la hembra de *A. aerialis* alimentado con *Oligonychus beeri* fue 8 días, con polen de alstroemeria fue 8.31 días y con maíz fue 8.59 días, mientras que la duración del ciclo de desarrollo total del macho con polen de maíz fue 7.86 días, con *O. beeri* fue 7.98 días y con polen de alstroemeria fue 8.33 días (Tabla 16). Según Nguyen *et al.* (2013), quienes emplearon condiciones casi similares para *A. swirskii*, el tiempo de desarrollo del macho alimentado con *Carpoglyphus lactis* L. fue 6.67 días, con polen de *Typha latifolia* L. fue 6.81 días, mientras que el desarrollo de la hembra con presa fue 7 días y con polen fue 7.44 días, los machos llegaron al estado adulto más rápido que las hembras entre las dos dietas, no ocurrió lo mismo en la presente investigación, donde sólo con el polen de maíz el macho tuvo un desarrollo más rápido respecto a la hembra. Según Vargas *et al.* (2013) mencionan que esa diferencia varía para cada especie, asimismo interviene la calidad y cantidad del alimento ingerido.

Asimismo, cuando *Amblyseius aerialis* se alimentó con polen de maíz, se encontró que la duración del ciclo de desarrollo del macho fue 7.86 días y el desarrollo de la hembra fue 8.59 días, el desarrollo del macho fue más corto al de la hembra, no ocurrió lo mismo con lo encontrado por Goleva y Zebitz (2013), quienes mencionaron que el desarrollo total de *Amblyseius swirskii* para los machos fue de 7.7 días y para hembras fue 7.9 días, siendo el tiempo de desarrollo similar. Además, Hoy (2011), menciona que los machos generalmente se desarrollan más rápido que las hembras y pueden aparearse con sus hermanos e hijos. Esta característica puede otorgar cierta ventaja cuando se utiliza como dieta el polen de maíz ya que podría asegurar la cópula con la descendencia, no ocurriría lo mismo con las otras dietas (alstroemeria y *O. beeri*), donde el tiempo de desarrollo entre hembra y macho es similar.

Según Al-Azzazy & Alhewairini (2020), encontraron que la duración del ciclo de desarrollo de *A. swirskii* fue similar entre machos y hembras alimentado con ninfas de *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) y *Eutetranychus orientalis* (Klein), para el macho fue 10.23 días y para la hembra fue 10.35 días alimentado con *P. oleivora*, mientras que la media para los machos fue 11.08 días y para las hembras fue 11.17 días alimentados con *E. orientalis*. Los valores de desarrollo fueron superiores a lo reportado para *A. aerialis*, sin embargo, su desarrollo fue similar cuando se alimentó con *Oligonychus beeri*, para los machos fue 7.98 días y para las hembras fue 8 días, las condiciones de humedad y temperatura eran parecidas, las diferencias se podrían deber al tipo de alimento utilizado.

Goleva y Zebitz (2013) consideran que el polen de maíz es un alimento adecuado para *A. swirskii*, coincide con Onzo *et al.* (2011) y Zannou y Hanna (2011), sin embargo, Delisle (2014), menciona que el polen de maíz a pesar de tener un alto contenido de proteínas solubles, no es un alimento determinante en su calidad nutricional y además es considerado como un alimento deficiente y no adecuado para *A. swirskii*. De manera general la ventaja del empleo del polen es que es más barato, los costos en la crianza como agentes de control biológico se reducen (Nemati y Riahi, 2019).

#### 4.1.5 Consumo de larvas en cada estado de desarrollo de *Amblyseius aerialis*

El consumo promedio de larvas de *O. beeri* por parte de los estados de larva, protoninfa y deutoninfa de ambos sexos de *A. aerialis* en su desarrollo, fue de 1.13, 14.09 y 12.39 individuos en machos y de 1.84, 18.41 y 17.68 individuos respectivamente en hembras.

El mayor consumo de presas fue en los estados de protoninfa y deutoninfa de la hembra, seguido por la protoninfa y deutoninfa del macho, el estado larval consumió un menor número de presas para ambos sexos (Tabla 17, Figura 35 y Figura 36).

El consumo de larvas de *O. beeri* por las larvas del macho y hembra de *A. aerialis* no mostraron diferencias significativas, para los estados de protoninfa y deutoninfa del macho no hubo diferencia significativa entre sí, mientras que para la protoninfa y deutoninfa de la hembra no hubo diferencia significativa entre sí, pero si respecto a los demás estados entre los tiempos medios del desarrollo, para ello se utilizó la prueba estadística Kruskal - Wallis ( $X^2 = 140.32$ , p-value  $< 2.2e-16$ ,  $\alpha = 0.05$ , Anexo 5).

**Tabla 17: Consumo promedio de individuos ( $\pm$  DE) y rango por los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) en su desarrollo, alimentado con presa *Oligonychus beeri* en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

SEXO	ESTADO DE DESARROLLO	Media	Máximo	Mínimo
MACHO	Larva	1.13 $\pm$ 1.10 c	4	0
	Protoninfa	14.09 $\pm$ 3.04 b	21	10
	Deutoninfa	12.39 $\pm$ 3.29 b	19	8
HEMBRA	Larva	1.84 $\pm$ 1.46 c	6	0
	Protoninfa	18.41 $\pm$ 3.26 a	24	12
	Deutoninfa	17.68 $\pm$ 2.63 a	23	13

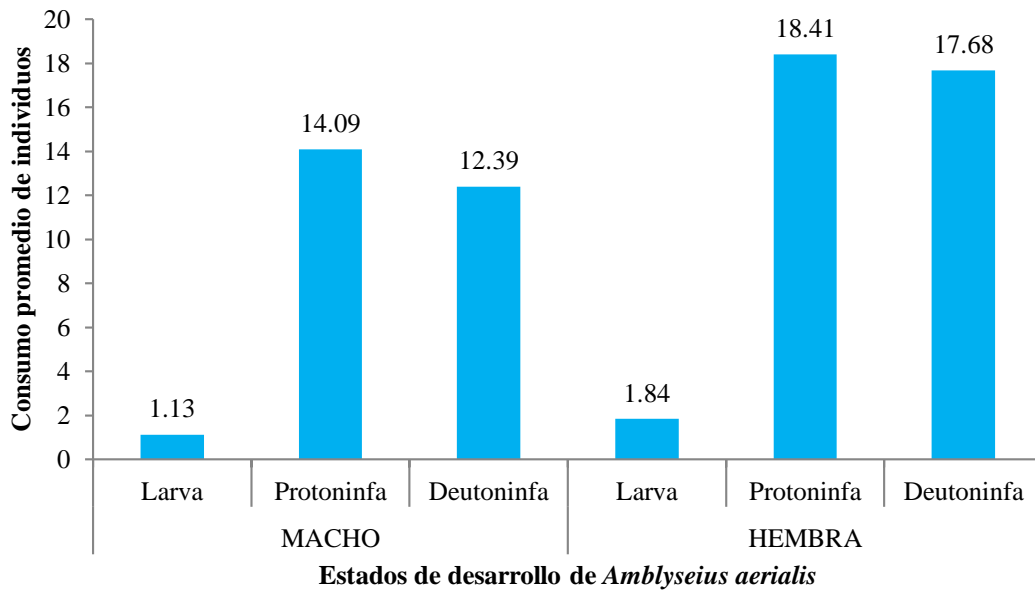


Figura 35: Consumo promedio de individuos por los estados inmaduros del macho y hembra de *A. aerialis* Muma (Phytoseiidae) en su desarrollo, alimentado con presa *Oligonychus beeri* en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

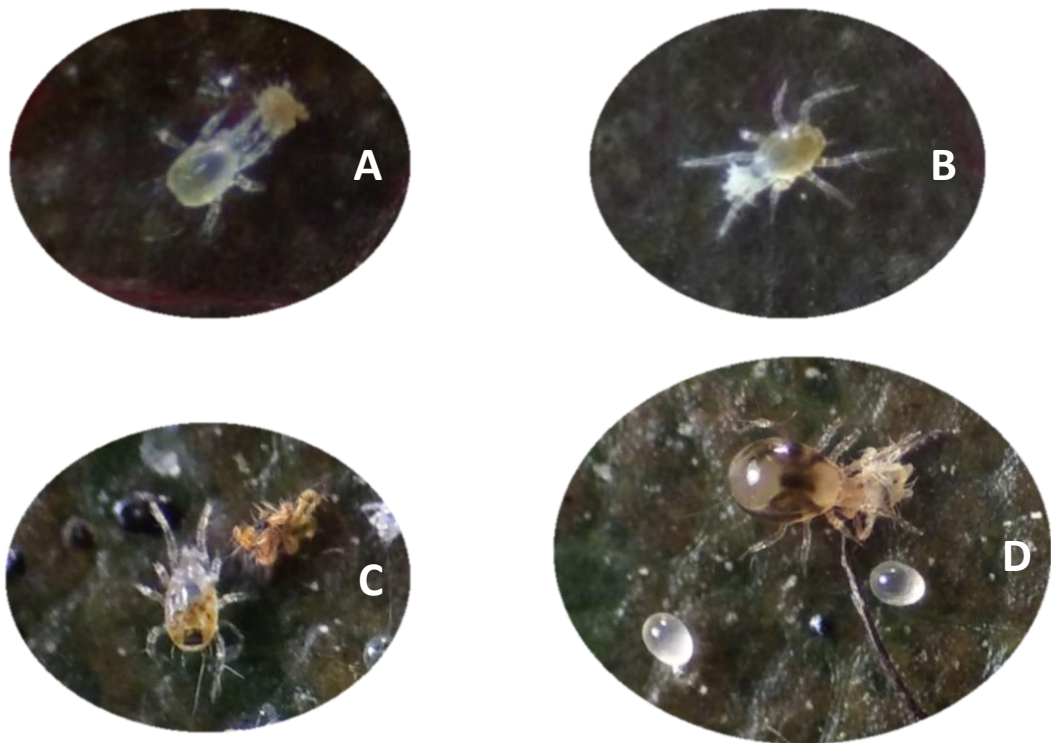


Figura 36: Capacidad de predación de larvas de *Oligonychus beeri* por los diferentes estados de desarrollo de *Amblyseius aerialis*, (A) Larva, (B) Protoninfa, (C) Deutoninfa y (D) Hembra adulta

El número promedio de larvas de *Oligonychus beeri* como presa consumidas por las larvas del macho fue 1.13 y para la hembra fue 1.84 individuos. La larva del predador *A. aeralis* mostró una alimentación facultativa, porque no todas las larvas necesitaron alimentarse para pasar al siguiente estado de desarrollo (protoninfa), así como lo describieron Zhang y Croft (1994) en la identificación de tres diferentes tipos de hábitos alimenticios en larvas de Phytoseiidae.

El consumo total de presa de *A. aeralis* para alcanzar el estado adulto fue 27.61 para el macho y para la hembra fue 37.93 individuos, se observó que los estados protoninfa y deutoninfa de la hembra fueron los que consumieron una mayor cantidad de individuos a diferencia del macho, se podría considerar a *A. aeralis* como un predador potencial de *O. beeri*, lo que concuerda con lo encontrado por Franco *et al.* (2007), quienes informaron que las hembras adultas de los Phytoseiidae se consideran las más eficientes para cazar cualquier etapa, en este caso se refiere a la especie de *Oligonychus ilicis* (McGregor), se presume que esta mayor alimentación por las hembras sea por su gran tamaño, mayor movilidad y requerimiento energético en la producción de huevos (De Toledo *et al.*, 2013).

La duración del ciclo de desarrollo de la hembra de *A. aeralis* fue de 8 días, donde consumió 1.84, 18.41, 17.68 y 37.93 individuos de *O. beeri* para los estados de larva, protoninfa, deutoninfa y el consumo total respectivamente, difiere a lo observado por Kazak (2008) para *Phytoseiulus persimilis* que se alimentó con larvas de *Tetranychus cinnabarinus* a 20 °C, donde su ciclo de desarrollo fue de 8.12 días y los valores de consumo fueron inferiores para todos los estados de desarrollo a excepción de la larva que no se alimentó. El menor tiempo de desarrollo para *A. aeralis* se pudo deber a la mayor temperatura empleada (22 °C), la especie de presa en la dieta y la diferencia en la propia especie.

Guanilo y Martínez (2009), reportaron para el ácaro predador *Amblyseius chungas* alimentado con ninfas de *Panonychus citri*, que el desarrollo del macho fue de 6.46 días y para la hembra fue 6.6 días, bajo las condiciones de 20 - 25 °C y 70 – 80 % HR totalmente diferente a lo encontrado para *A. aeralis* alimentado con larvas de *O. beeri*, el desarrollo del macho fue de 7.98 días y para la hembra fue 8 días, en ambos experimentos no mostraron diferencias significativas entre ambos sexos en su desarrollo, este periodo podría deberse a ser especies diferentes como predador y tipo de presa, asimismo Hoy (2011) menciona que diferentes presas pueden proporcionar diferentes contenidos nutricionales.



#### 4.1.6 Preferencia alimenticia de *Amblyseius aequalis* sobre *Oligonychus beeri*

El consumo promedio de cada estado de desarrollo de *O. beeri* en 24 horas por la hembra de *A. aequalis* en un sistema de libre elección fue de 2.4 huevos, 13.8 larvas, 12.6 protoninfas, 10.53 deutoninfas y 5.53 adultos, con un consumo total de 44.87, 28 y 69 individuos en promedio, mínimo y máximo respectivamente. Se encontró una preferencia de *A. aequalis* por el consumo de larvas y protoninfas de *O. beeri*, para ello se utilizó la prueba estadística Kruskal - Wallis ( $X^2 = 43.733$ , p-value  $7.29e-09$ ,  $\alpha = 0.05$ ). (Tabla 18, Figura 37 y Anexo 6).

**Tabla 18:** Número de individuos promedio consumidos ( $\pm$  DE) en la preferencia alimenticia de *A. aequalis* sobre todos los estados de desarrollo de la presa *Oligonychus beeri* en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

ESTADOS DE DESARROLLO	Media
HUEVO	2.4 $\pm$ 1.92 d
LARVA	13.8 $\pm$ 3.93 a
PROTONINFA	12.6 $\pm$ 4.76 ab
DEUTONINFA	10.53 $\pm$ 4.22 b
ADULTO	5.53 $\pm$ 3.54 c
TOTAL	44.87 (28 - 69)

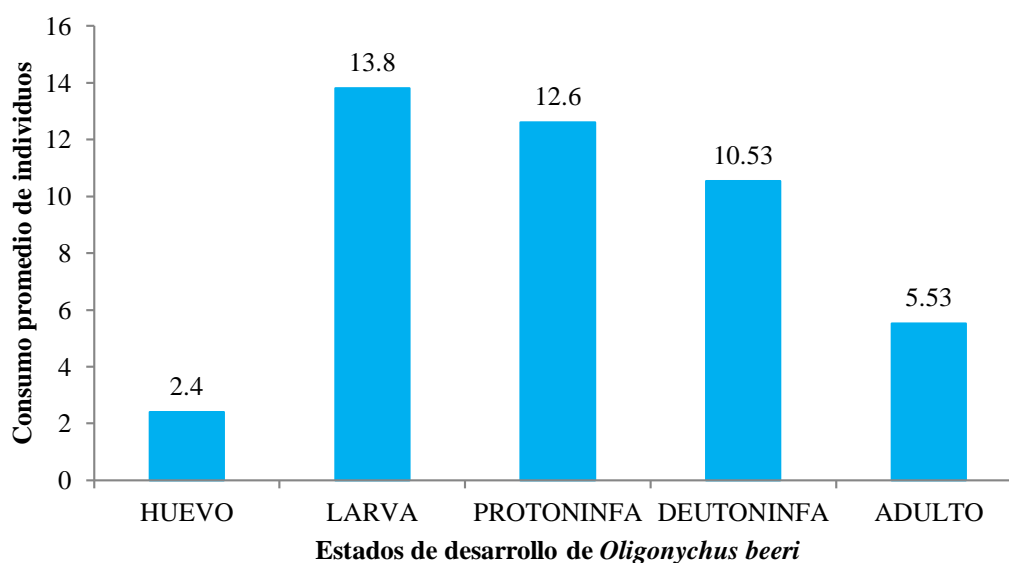


Figura 37: Número de individuos promedio consumidos ( $\pm$  DE) en la preferencia alimenticia de *A. aerialis* sobre todos los estados de desarrollo de la presa *Oligonychus beeri* en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Se encontró que *A. aerialis* tiene preferencia por los estados de larva y protoninfa de *O. beeri*, otras especies de ácaros predadores muestran también preferencias de alimentación sobre ácaros fitófagos, según Yang *et al.* (2019), *Amblyseius tsugawai* mostraron preferencia de alimentación por larvas de *Tetranychus urticae*, además Rojas (2013), menciona que los ácaros predadores *A. chungas* y *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) mostraron preferencia de alimentación por larvas de *Oligonychus punicae* Hirst. Lo que concuerda con Kazak (2008), quien mencionó que el tamaño reducido de las larvas podría permitir al predador consumir un mayor número de presas en comparación a estados más grandes, asimismo su alto consumo de larvas de presa se debe a su baja movilidad, sus cuerpos blandos y su facilidad en la captura (Cañarte *et al.*, 2017). Asimismo, esta preferencia por la etapa de presa podría verse influenciada por varios factores como: el comportamiento de búsqueda del predador, el nivel de hambre del predador, el mecanismo de defensa de la presa y el valor nutricional de los estados de desarrollo de la presa (Blackwood *et al.*, 2001).

El consumo promedio de *Amblyseius aerialis* alimentado de *O. beeri* fue de 2.4 huevos, 13.8 larvas, 23.13 ninfas (suma de protoninfa y deutoninfa) y 5.53 adultos, según Rojas (2013) encontró que el consumo de individuos de *Oligonychus punicae* Hirst en 24 horas por parte de *A. chungas* fue de 6 huevos, 45 larvas, 18 ninfas y 9 adultos, mientras que para *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) su consumo fue 0 huevos, 14 larvas, 8 ninfas y 10 adultos por día, el mayor consumo por parte de *A. chungas* y *E. stipulatus* se debe a que la densidad de presa ofrecida fue mayor, además la metodología utilizada fue diferente.

Se empleó en el estudio hembras grávidas debido a que se ha reportado que las hembras de algunos Phytoseiidae cuando se encuentran en el periodo de oviposición, tienen requerimientos alimenticios extra para la producción de huevos y un consumo relativamente alto de presa (Al-Azzazy & Alhewairini, 2020).

#### **4.1.7 Porcentaje de sexo de *Amblyseius aerialis***

El porcentaje de sexo (% de hembras y % de machos) de *Amblyseius aerialis* cuando se alimentó con *O. beeri*, alstroemeria y maíz fue 61.67, 56.67 y 43.33% respectivamente para la hembra y para el macho fue 38.33, 43.33 y 56.67% respectivamente (Tabla 19).

**Tabla 19: Porcentaje de hembras y machos de *Amblyseius aerialis* (Phytoseiidae), alimentado con presa *Oligonychus beeri*, polen de alstroemeria y polen de maíz en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR**

Dieta	n	Porcentaje de hembras	Porcentaje de machos
<i>Oligonychus beeri</i>	60	61.67%	38.33%
Alstroemeria	60	56.67%	43.33%
Maíz	60	43.33%	56.67%

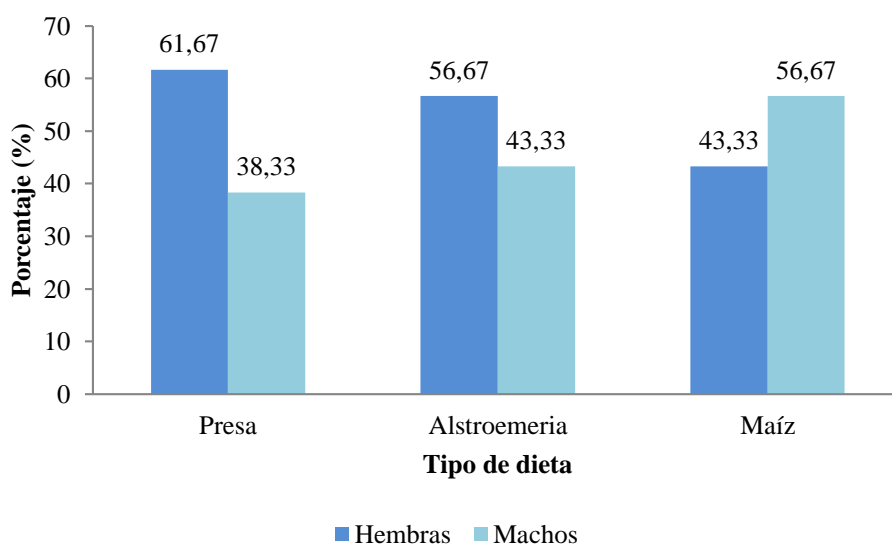


Figura 38: Porcentaje de hembras y machos de *Amblyseius aerialis* (Phytoseiidae), alimentado con presa *Oligonychus beeri*, polen de alstroemeria y polen de maíz en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 1$  °C y  $69 \pm 5$  % de HR

Los resultados indican que al alimentarse con *O. beeri*, el porcentaje de hembras es mayor (61.67%), mientras que con el polen de alstroemeria tiene un valor intermedio (56.67%) y el más bajo fue con polen de maíz (43.33%). La diferencia en la proporción sexual según Goleva y Zebitz (2013), se debe al tipo y calidad de las fuentes alimenticias e incluso la edad de las hembras adultas. Sabelis (1985); citado por Goleva y Zebitz (2013), mencionan que la descendencia sesgada por los machos se da cuando las hembras se alimentan de alimentos pobres, por lo que se podría considerar a *O. beeri* y polen de alstroemeria como alimentos de mejor calidad nutricional para *A. aerialis*, estos resultados referentes a *Amblyseius aerialis* alimentado con *O. beeri* fue inferior (61.67 % de hembras) a lo reportado por Ramos (1989), quien encontró 68% de hembras cuando se alimentó con larvas y protoninfas de

*Panonychus citri*, esta diferencia se puede deber a la especie del ácaro presa usado en cada experimento.

Mientras que cuando *Amblyseius aerialis* se alimentó con polen de maíz el porcentaje de hembras fue de 43.33%, difiere a lo encontrado por Onzo *et al.* (2012), donde mencionan que la proporción de sexos de *A. swirskii* fue casi uniforme a  $25 \pm 1$  °C,  $80 \pm 10$  % HR.

Según Sabelis y Nagelkerke (1993), citado por Evans y Proctor (2013), las hembras pueden manipular la proporción de sexos, ya que éstas al comienzo de su vida reproductiva generalmente producen primero un hijo para que las hijas puedan ser fertilizadas y así asegurar la reproducción.

#### **4.1.8 Ventajas y desventajas de los tres tipos de dietas**

Empleando los tres tipos de dietas se determinó las ventajas y desventajas según: la disponibilidad, costo (mano de obra) y durabilidad (Tabla 20). Las dietas de maíz y presa son de fácil y baja disponibilidad respectivamente, mientras que el polen de alstroemeria, fue de media disponibilidad, por presentarse por temporadas durante el año.

Con respecto al costo, la dieta de menor costo fue el maíz, el costo del polen de alstroemeria es medio debido a que el polen extraído proviene de flores comercializadas como ornamentales, mientras que el costo de la presa es alto, por su alto requerimiento de mano de obra para el mantenimiento de las colonias y su baja disponibilidad para realizar el establecimiento del pie de cría inicial.

Por otra parte, el polen de maíz mostró una menor durabilidad por la absorción de humedad del polen, por consiguiente, hubo una pérdida de su calidad y dificultad en la alimentación para el ácaro predador, mientras que el polen de alstroemeria fue de mayor durabilidad en el tiempo. La limitante en la crianza de ácaros fitófagos como alimento son la cantidad de individuos requeridos, lo que concuerda con Ribeiro (2014) quien menciona que el proceso de crianza demanda más cuidados y a la larga es más costoso.

Una dieta idónea para la producción masal de un ácaro predador dependerá de la metodología empleada. En cuanto al polen, éstos pueden variar respecto al método de preparación y su obtención, con respecto a la crianza del ácaro fitófago variará según el sistema empleado en la crianza y el tipo de sustrato usado.

**Tabla 20: Ventajas y desventajas de los tres tipos de dieta**

<b>Dieta</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Costo/Mano de obra</b>	<b>Durabilidad</b>
<b>Maíz</b>	Alta	Bajo	Bajo
<b>Alstroemeria</b>	Media	Medio	Alto
<b><i>O. beeri</i></b>	Baja	Alto	Medio

#### **4.1.9 Ciclo biológico de *Amblyseius aerialis***

A pesar de que no estaban dentro de mis objetivos se determinó el ciclo biológico del ácaro predador, donde se encontró que los parámetros biológicos promedio de *A. aerialis* alimentado con polen de alstroemeria fueron los siguientes: la preoviposición fue 3.25 días, la capacidad de oviposición (huevos/hembra) fue de 38.67 días, la post oviposición fue de 15 días, el periodo de oviposición fue 42.92 días, la tasa de oviposición (huevos/hembra/día) fue de 0.9, la viabilidad de huevos fue de 96.52% y la longevidad promedio de hembras apareadas fue 60.67 días y las hembras sin aparear fue 124.94 días (Tabla 21).

**Tabla 21: Parámetros biológicos de *Amblyseius aerialis* alimentado con polen de alstroemeria en condiciones de laboratorio a  $22 \pm 2$  °C y  $73 \pm 7$  % de HR**

<b>Parámetros biológicos</b>	<b>Media</b>
<b>Preoviposición (días)</b>	3.25
<b>Capacidad de oviposición (huevos/hembra)</b>	38.67
<b>Post oviposición (días)</b>	15
<b>Periodo de oviposición (días)</b>	42.92
<b>Tasa de oviposición (huevos/hembra/día)</b>	0.9
<b>Viabilidad de huevos (%)</b>	96.52
<b>Longevidad</b>	<b>Hembra apareada</b> 60.67 (92 - 51)
	<b>Hembra sin aparear</b> 124.94 (175 - 75)

La tasa de oviposición (huevos/hembra/día) alimentado con polen de alstroemeria fue de 0.9, comparando con otros autores para la misma especie encontraron que, fue inferior a 1.34 cuando se alimentó con polen de *T. angustifolia* (Beltrán & Da Silva, 2008), fue superior a 0.73 con polen de *T. angustifolia* (Amaral, 2017) e igual tasa cuando se alimentó con *Typha domingensis* (Tavares *et al.*, 2020), se presume que la diferencia se debe al tipo de polen

empleado, debido a que el polen proviene de diferentes tipos de plantas y difieren en su valor nutricional para los ácaros predadores (Goleva & Zebitz, 2013).

La longevidad de las hembras sin aparear cuando se alimentó con polen de alstroemeria fue de 124.94 días en promedio, con una máxima de 175 días y una mínima de 75 días, mientras que la longevidad de hembras apareadas es de 60.67 días en promedio, según Gotoh, T., *et al.* (2008), ésta diferencia en la longevidad de hembra apareada y sin aparear, se debe al apareamiento múltiple que acorta su longevidad, debido a los costos de apareamiento en la producción de huevos. Para la misma especie, según Amaral (2017) la longevidad de la hembra alimentada con *R. indica* fue de 41.13 días, inferior a los datos encontrados.

## CAPÍTULO V

### V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos planteados en la presente investigación realizada bajo condiciones de laboratorio, se concluye:

- *Amblyseius aerialis* completa su desarrollo cuando se alimenta tanto con polen de *Alstroemeria* sp., polen de *Zea mays* como con larvas de *O. beeri*.
- Sin considerar el sexo se tiene que el tipo de dieta influye en el ciclo de desarrollo de *A. aerialis* siendo menor al alimentarse con *O. beeri* (7.99 días), seguido del polen de maíz (8.18 días) y el desarrollo más largo es con polen de alstroemeria (8.32 días).
- *Amblyseius aerialis* completa su desarrollo entre 8 y 8.59 días para hembras mientras que para machos lo hace entre 7.86 y 8.33 días, dependiendo del tipo de alimento que se le proporcione.
- El número de presas consumidas se va incrementando conforme van cambiando los estados de desarrollo, así se tiene que, la protoninfa y deutoninfa de la hembra consumen 18.41 y 17.68 larvas de *O. beeri* respectivamente, mientras que los machos y hembras llegan a consumir un total de 27,61 a 37.93 larvas de *O. beeri* respectivamente.
- La hembra de *A. aerialis* alimentada con todos los estados de desarrollo de *O. beeri*, prefiere como presa las larvas (13.8 individuos) y protoninfas (12.6 individuos). Además, consume en promedio 44.87 individuos, con un mínimo de 28 y un máximo de 69 individuos.
- El porcentaje de sexo (macho y hembra) de *A. aerialis* es afectado por el tipo de dieta, donde hay una mayor cantidad de hembras cuando se alimenta con larvas de *O. beeri* (61.67%), disminuyendo para cuando se alimentan con polen de *Alstroemeria* sp. (56.67%), mientras que el menor número de hembras es cuando se alimenta con polen de *Zea mays* (43.33%).

- La longevidad de la hembra sin aparear de *A. aerialis* cuando se alimenta con polen de *Alstroemeria* sp. es 124.94 días, con un mínimo de 75 días y un máximo de 175 días.
- Teniendo en cuenta los parámetros evaluados, el polen de *Alstroemeria* sp. es adecuado como fuente de alimentación para su uso en laboratorio por su capacidad de ser almacenado, mientras que el polen de *Z. mays* presenta una ligera pérdida en su calidad por la absorción de humedad y *O. beeri* tiene un mayor costo, asimismo se muestra a *A. aerialis* como un potencial regulador de poblaciones de *O. beeri* por su capacidad de predación en su desarrollo y en la preferencia alimenticia.



## CAPÍTULO VI

### VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de las propiedades nutricionales (análisis bioquímico) de las fuentes de alimentación, para comprender cuales son los aportes nutricionales y como afecta en los parámetros biológicos.
- Se deben buscar alternativas en el sustrato usado para la crianza masal, mejoraría la eficiencia para optimizar la crianza, así como reducir el tiempo de producción y trabajo.
- Realizar más estudios sobre los hábitos alimenticios de *A. aequalis* en condiciones de laboratorio, para proporcionar una mejor comprensión de su biología.
- Realizar estudios de capacidad de predación con *O. beeri* como presa y evaluación de otros parámetros biológicos de *A. aequalis*.
- Tener disponible varias fuentes de alimentación (vegetal y animal), antes de realizar muestreos de ácaros predadores para su crianza.
- Efectuar ensayos de campo para determinar su posible empleo en el control de *O. beeri* en plantaciones de palto.

## CAPÍTULO VII

### VII. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Azzazy, M. M., & Alhewairini, S. S. (2020). Effect of temperature and humidity on development, reproduction, and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae) fed on *Phyllocoptruta oleivora* (Eriophyidae) and *Eutetranychus orientalis* (Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 46(5), 304-312.
- Amano H. & Chant D. (1978). Mating behaviour and reproductive mechanisms of two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). *Acarologia*. Online. <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/article.php?id=2955>
- Amaral, F. (2017). Ecobiologia das espécies *Amblyseius aeralis* e *Amblyseius chiapensis* (Acari: Phytoseiidae). (Tese de mestre, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”). Recuperado de <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/151194>
- Amaral, F. S., Lofego, A. C., & Cavalcante, A. C. (2018). Oviposition rates of *Amblyseius aeralis* (Muma) and *Amblyseius chiapensis* DeLeon (Acari: Phytoseiidae) under seven foods—different patterns for the same genus. *Systematic and Applied Acarology*, 23(5), 795-798.
- Aponte, O., & McMurtry, J. A. (1993). Phytoseiid mites of Venezuela (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 19(2), 149-157.
- Aros, D., Gonzalez, V., Allemann, R. K., Müller, C. T., Rosati, C., & Rogers, H. J. (2012). Volatile emissions of scented *Alstroemeria* genotypes are dominated by terpenes, and a myrcene synthase gene is highly expressed in scented *Alstroemeria* flowers. *Journal of experimental botany*, 63(7), 2739-2752.
- Barbosa J., Silva M., & Silva E. (Julho, 2015). Predação do ácaro *Amblyseius aeralis* (Mesostigmata: Phytoseiidae) sobre o ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* (Prostigmata: Tetranychidae) associados à cultura do tomate. Em Reinaldo J. F. F. (Presidencia), *Acarología Integrativa – Rumos da Acarología no Brasil e na América*

Latina. Simposio levado a cabo em UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, Brasil.

- Beltrán A., & Da Silva A. (2008). Estudio de los aspectos fundamentales de la biología de *Amblyseius aerialis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. *Revista CitriFrut*, Vol. 25, No. 1
- Blackwood, J. S., Schausberger, P., & Croft, B. A. (2001). Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Environmental Entomology*, 30(6), 1103-1111.
- Bridgen M.P. (2018) Alstroemeria. In: Van Huylbroeck J. (eds) Ornamental Crops. Handbook of Plant Breeding, vol 11. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0_10)
- Cañarte, E., Sarmiento, R. A., Venzon, M., Pedro-Neto, M., Junior, D. F. F., Santos, F. A., & Pallini, A. (2017). Suitability and nutritional requirements of the predatory mite *Typhlodromus transvaalensis*, a potential biological control agent of physic nut pest mites. *Biological Control*, 115, 165-172.
- Cavalcante, A. C. C., Mandro, M. E., Paes, E. R., & de Moraes, G. J. (2017). *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. *International journal of acarology*, 43(1), 10-15.
- Chant, D. A. (1993). Paedomorphosis in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). *Canadian journal of zoology*, 71(7), 1334-1349.
- Chant, D. A., & McMurtry, J. A. (2007). Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). *Indira Publishing House*.
- Delisle, J. F., Brodeur, J., & Shipp, L. (2014). Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 65(4), 483-494.
- De Moraes, G. J., Mesa, N. C., & Braun, A. (1991). Some phytoseiid mites of Latin America (Acari: phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 17(2), 117-139.
- De Moraes, G. J., & Flechtmann, C. H. W. (2008). Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Holos. Pg. 42.

- Demite, P. R., McMurtry, J. A., & De Moraes, G. J. (2014). Phytoseiidae Database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). *Zootaxa*, 3795(5), 571-577.
- Demite P., Moraes G., McMurtr J., Denmark H. & Castilho R. (2020). Phytoseiidae Database. Available from: [www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae](http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae) (accessed 12/08/2020). <http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/>
- Demite P., Moraes G., McMurtr J., Denmark H. & Castilho R. (2020). Phytoseiidae Database. Available from: [www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae](http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae) (accessed 08/06/2020). <http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/>
- De Toledo, M. A., Reis, P. R., da Silveira, E. C., de P Marafeli, P., & de Souza-Pimentel, G. C. (2013). Predatory potential of *Euseius alatus* (Phytoseiidae) on different life stages of *Oligonychus ilicis* (Tetranychidae) on coffee leaves under laboratory conditions. *Neotropical entomology*, 42(2), 185-190.
- Evans D., & Proctor H. (2013). *Mites: Ecology, Evolution & Behaviour Life at a Microscale* (2013, Springer Netherlands) - libgen.lc.
- Farazmand, A., Amir-Maafi, M., & Atlihan, R. (2020). Temperature-dependent development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology*, 25(3), 538-547.
- Ferreira, C. T., Krug, C., & De Moraes, G. J. (2020). Effect of pollen of different plant species on the oviposition of two phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in citrus orchards in the Brazilian Amazonia. *Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Figueirêdo, F. L., Fidelis, E. G., Pereira, R. S., Santos, J. C., Negrini, M., Oliveira, D. C., & Moraes, G. J. (2019). Geographical Distribution of *Schizotetranychus hindustanicus* and Associated Mites in Roraima, Brazil. *Neotropical entomology*, 48(5), 866-872.
- Finot, V., Baeza, C., Muñoz-Schick, M., Ruiz, E., Espejo, J., Alarcón, D., Carrasco, P., Novoa, P. & Eyzaguirre, M. T. (2018). *Guía de campo, Alstroemerias Chilenas*. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 292p.
- Flechtmann, C. H., & McMurtry, J. A. (1992). Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. *International journal of acarology*, 18(3), 157-162.

- Franco R., Reis P., Zacarias M., & Altoé B. (2007). Potencial de predação de três espécies de fitoseídeos sobre *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae). *Coffee Science*, Lavras, v. 2, n. 2, p. 175-182.
- Gerson, U., Smiley, R. L., & Ochoa, R. (2003). Mites (Acari) for pest control (Vol. 558). Oxford: Blackwell Science.
- Gerson, U., & Weintraub, P. G. (2007). Mites for the control of pests in protected cultivation. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(7), 658-676.
- Goleva, I., & Zebitz, C. P. (2013). Suitability of different pollen as alternative food for the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and applied acarology*, 61(3), 259-283.
- Gondim Jr, M. G., Castro, T. M., Marsaro Jr, A. L., Navia, D., Melo, J. W., Demite, P. R., & de Moraes, G. J. (2012). Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation?. *Systematics and Biodiversity*, 10(4), 527-535.
- Gotoh, T., & Tsuchiya, A. (2008). Effect of multiple mating on reproduction and longevity of the phytoseiid mite *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology*, 44(3), 185-197.
- Guanilo, A. D., & Martínez, N. (2009). Biología y comportamiento de *Amblyseius chungas* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) como predador de *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). *Ecología Aplicada*, 8(1-2), 15-25.
- Guanilo A., De Moraes G., & Knapp M. (2008). Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of the subfamily Amblyseiinae Muma from Peru, with descriptions of four new species. *Zootaxa* 1880: 1-47
- Guanilo, A. D., de Moraes, G. J., Flechtmann, C. H., & Knapp, M. (2012). Phytophagous and fungivorous mites (Acari: Prostigmata, Astigmata) from Peru. *International Journal of Acarology*, 38(2), 120-134.
- Hofreiter, A., & Rodríguez, E. (2006). The Alstroemeriaceae in Peru and neighbouring areas. *Rev. peru. biol*, 13(1), 5-69.
- Hoogerbrugge, H., van Houten, Y., van Baal, E., & Bolckmans, K. (2008). Alternative food sources to enable establishment of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) on chrysanthemum without pest presence. *IOBC WPRS BULLETIN*, 32, 79-82
- Hoy, M. A. (2011). Agricultural acarology: introduction to integrated mite management (Vol. 7). CRC press.

- Hoy, M. A., & Smilanick, J. M. (1979). A sex pheromone produced by immature and adult females of the predatory mite, *Metaseiulus occidentalis*, Acarina: Phytoseiidae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 26(3), 291-300.
- Jiménez S. (2010). Biología y optimización de la crianza masal de *Amblyseius largoensis* Muma 1989 (Acari: Phytoseiidae) predador de *Polyphagotarsonemus latus* "Acaro hialino" (Acari: Tarsonemidae). (Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann). Recuperada de: <http://www.tesis.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/512>
- Jiménez J. (2014). Diversidade de ácaros em diferentes culturas e em plantas da vegetação natural do Peru, com ênfase nos Phytoseiidae (Mesostigmata). (Tese de mestre, Unesp - Universidade Estadual Paulista). Recuperada de: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/128077>
- Kazak, C. (2008). The development, predation, and reproduction of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) from hatay fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae) larvae and protonymphs at different temperatures. *Turkish Journal of Zoology*, 32(4), 407-413.
- Krantz, G. W. & Walter D. (2009). A manual of acarology (No. Ed. 3). Pg 54, 98, 99
- Lee, H. S., & Gillespie, D. R. (2011). Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology*, 53(1), 17-27.
- Lofego, A.C. (Julho, 2015). Families of mites with multiple eating habits – Phytoseiidae and Tarsonemidae. Em Reinaldo J. F. F. (Presidencia), Acarologia Integrativa – Rumos da Acarologia no Brasil e na América Latina. Simposio levado a cabo em UNESP-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, Brasil.
- McMurtry, J. A., & Croft, B. A. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual review of entomology*, 42(1), 291-321.
- McMurtry, J. A., De Moraes, G. J., & Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4), 297-320.
- McMurtry, J. A., & Scriven, G. T. (1966). Effects of artificial foods on reproduction and development of four species of phytoseiid mites. *Annals of the Entomological Society of America*, 59(2), 267-269.

- McMurtry, J. A., Sourassou, N. F., & Demite, P. R. (2015). The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as biological control agents. In *Prospects for Biological Control of plant feeding mites and other harmful organisms* (pp. 133-149). Springer, Cham.
- Muñoz, J., & Rodríguez, A. (2014). Ácaros asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) en la costa central de Perú. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 217-221.
- Nemati, A., & Riahi, E. (2020). Does feeding on pollen grains affect the performance of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) during subsequent generations?. *Bulletin of entomological research*, 110(4), 449-456.
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D., Lü, X., & De Clercq, P. (2013). Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *BioControl*, 58(3), 369-377.
- Nicolson, S. W. (2011). Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, 46(2), 197-204.
- Onzo, A., Houedokoho, A. F., Hanna, R., & Liu, T. X. (2012). Potential of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* to suppress the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* on the gboma eggplant, *Solanum macrocarpon*. *Journal of Insect Science*, 12(1).
- Park, H. H., Shipp, L., Buitenhuis, R., & Ahn, J. J. (2011). Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(4), 497-501.
- Ramos, M. (1989). Desarrollo de *Amblyseius aequalis* Muma (Acari: Phytoseiidae) en el laboratorio. Resumen recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=pubs.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=001224>
- Ramos, M. (1993). Influencia de diferentes estadios de la presa sobre la reproducción y longevidad de *Amblyseius aequalis* Muma (Acari: Phytoseiidae). Resumen recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=pubs.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=000966>
- Ramos, M., & Rodríguez, H. (2006). Riqueza de especies de ácaros fitoseidos (Acari: Mesostigmata) en agroecosistemas de Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad

- Vegetal La Habana, Cuba. Fitosanidad, vol. 10, núm. 3. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116108004.pdf>
- Ribeiro M. (2014). Potencial de diferentes fontes de alimento para a produção massal de ácaros predadores fitoseideos (Acari: Phytoseiidae). (Tese de mestre, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Recuperada de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-12032015-163508/en.php>
  - Riddick, E. W. (2009). Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: a mini-review. *BioControl*, 54(3), 325.
  - Rojas, M. (2013). Capacidad predadora de los fitoseidos *Euseius stipulatus* (Athias - Henriot) y *Amblyseius chungas* Denmark y Muma sobre *Oligonychus punicae* Hirst (Acarina: Tetranychidae) en laboratorio. (Tesis de biología, Universidad Nacional de Trujillo). Recuperada de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9009>
  - Sáenz, E. (2015). Estudio cromosómico de especies silvestres y variedades comerciales de alstroemerias. (Tesis de maestría, Universidad de Chile). Recuperada de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148409>
  - Schausberger, P., & Croft, B. A. (1999). Activity, feeding, and development among larvae of specialist and generalist phytoseiid mite species (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology*, 28(2), 322-329.
  - Schausberger, P., & Walzer, A. (2001). Combined versus single species release of predaceous mites: predator–predator interactions and pest suppression. *Biological Control*, 20(3), 269-278.
  - Schreiber, I. (2018). The role of pollen as alternative food for predatory mites (Acari: Phytoseiidae). (Tesis de doctorado, Universität Hohenheim). Recuperada de: <http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2018/1556/>
  - Maciel, A. D. G. S., Dos Santos, M. D., Trindade, R. C. P., & Duarte, A. G. (2017). Seletividade do extrato etanólico de *Annona muricata* (L. 1753) (Annonaceae) e de abamectina ao ácaro predador *Amblyseius aerialis* (Muma, 1955) (Acari: Phytoseiidae). *Revista Ciência Agrícola*, 15(1), 53-58.
  - Maciel, A. D. G. S., Trindade, R. C. P., Silva, E. S., & Dos Santos, M. D. (2018). Potential predation and fecundity of *Amblyseius aerialis* fed two-spotted spider mite. *Comunicata Scientiae*, 9(4), 748-753.



- Tanigoshi, L. K., Mégevand, B., & Yaninek, J. S. (1993). Non-prey food for subsistence of *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) on cassava in Africa. *Experimental & applied acarology*, 17(1-2), 91-96.
- Tavares C., Krug C., & De Moraes G. (2020). Effect of pollen of different plant species on the oviposition of two phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in citrus orchards in the Brazilian Amazonia. *Acarologia* 60(1): 22-29.
- Tixier, M. S., Kreiter, S., Douin, M., & Moraes, G. D. (2012). Rates of description of Phytoseiidae mite species (Acari: Mesostigmata): space, time and body size variations. *Biodiversity and conservation*, 21(4), 993-1013.
- Tuovinen, T., & Lindqvist, I. (2010). Maintenance of predatory phytoseiid mites for preventive control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* in strawberry plant propagation. *Biological Control*, 54(2), 119-125.
- Vargas M., González M., Ramos M., Lara B., Avila T., Aguirre S., Gutiérrez M., & Guillén H. (2013). Los ácaros Phytoseiidae, alternativa para el control biológico. Primera Edición. Michoacán. Pixelle.
- Yang, J., Lv, J., Liu, J., Xu, X., & Wang, E. (2019). Prey preference, reproductive performance, and life table of *Amblyseius tsugawai* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus urticae* and *Bemisia tabaci*. *Systematic and Applied Acarology*, 24(3), 404-413.
- Zannou, I. D., & Hanna, R. (2011). Clarifying the identity of *Amblyseius swirskii* and *Amblyseius rykei* (Acari: Phytoseiidae): are they two distinct species or two populations of one species?. *Experimental and Applied Acarology*, 53(4), 339-347.
- Zhang, Z. Q. (2003). Mites of greenhouses: identification, biology and control. Cabi.
- Zhang, Z. Q., & Croft, B. A. (1994). A comparative life history study of immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) with a review of larval feeding patterns in the family. *Experimental & applied acarology*, 18(11-12), 631-657.

## CAPÍTULO VIII

### VIII. ANEXOS

Anexo 1: Prueba estadística Kruskal - Wallis para el efecto de tres dietas en la duración de cada estado de desarrollo en general de *Amblyseius aerialis*.

#### 1. HUEVO:

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal - Wallis chi-squared = 93.311, df = 2, p-value < 0.001, (Prueba-muy altamente significativa).

	Huevo	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	3.05433333	142.70000	0.15526213	60	2.75	3.38
Maíz	2.5465	56.46667	0.2884607	60	1.92	3.04
Presa	2.65616667	72.33333	0.27605632	60	1.88	3.04

TIEMPO groups

ALS	142.70000	a
PRE	72.33333	b
MAZ	56.46667	c

#### 2. LARVA:

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.55766, df = 2, p-value = 0.7567, (Prueba no significativo).

	Larva	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	1.1905	88.25833	0.12145202	60	0.92	1.42

Maíz	1.2245	94.57500	0.17870936	60	0.96	1.58
Presa	1.19183333	88.66667	0.09994052	60	0.96	1.38

TIEMPO groups

MAIZ	94.57500	a
PRE	88.66667	a
ALS	88.25833	a

3. PROTONINFA

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal - Wallis chi-squared = 15.082, df = 2, p-value < 0.001, (Prueba muy altamente significativa).

	Protoninfa	rank	std r	Min	Max
Alstroemeria	1.99316667	69.94167	0.09309175	60	1.75 2.17
Maíz	2.10116667	105.28333	0.18607536	60	1.75 2.71
Presa	2.09366667	96.27500	0.2323277	60	1.75 2.79

TIEMPO groups

MAIZ	105.28333	a
PRESA	96.27500	a
ALS	69.94167	b

4. DEUTONINFA

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal - Wallis chi-squared = 22.949, df = 2, p-value < 0.001, (Prueba-muy altamente significativa).

	Deutoninfa	rank	std r	Min	Max		
Alstroemeria	2.07833333	83.65000	0.06918819	60	2	2.25	
Maíz	2.30533333	115.62500	0.39026052	60	1.71	3.17	
Presa	2.05283333	72.22500	0.10716836	60	1.83	2.25	

#### TIEMPO groups

MAIZ 115.625 a

ALS 83.650 b

PRESA 72.225 b

#### 5. CICLO DE DESARROLLO

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal - Wallis chi-squared = 35.786, df = 2, p-value < 0.001, (Prueba muy altamente significativa).

	Total	rank	std r	Min	Max		
Alstroemeria	8.31633333	119.61667	0.12927394	60	8.09	8.58	
Maíz	8.1775	89.00000	0.60414844	60	7.09	9.42	
Presa	7.9945	62.88333	0.36105507	60	7.13	9.17	

#### TIEMPO-groups

ALS 119.61667 a

MAIZ 89.00000 b

PRESA 62.88333 c

Anexo 2: Prueba estadística de Kruskal - Wallis para el efecto de la dieta en el desarrollo del macho de *Amblyseius aerialis*.

1. HUEVO:

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.96814$ ,  $p\text{-value} = 0.03716 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 8.692,  $p\text{-value} = 0.01296 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 48.60$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Huevo	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	3.145385	68.25000	0.1463210	26	2.79 3.38
Maíz	2.591176	25.05882	0.2571612	34	2.21 3.04
Presa	2.766087	37.36957	0.1874164	23	2.46 3.04

Huevo groups

Alstroemeria	68.25000	a
Presa	37.36957	b
Maíz	25.05882	c

2. LARVA:

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.96154$ ,  $p\text{-value} = 0.01398 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 6.2898,  $p\text{-value} = 0.04307 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 1.784265$ ,  $p\text{-value} = 0.4097809 > \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

Larva rank std r Min Max

Alstroemeria 1.137308 37.63462 0.12935402 26 0.92 1.42

Maíz 1.168529 42.08824 0.15890024 34 0.96 1.50

Presa 1.178696 46.80435 0.09502652 23 1.00 1.33

Larva groups

Presa 46.80435 a

Maíz 42.08824 a

Alstroemeria 37.63462 a

### 3. PROTONINFA:

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.9642$ ,  $p\text{-value} = 0.02065 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 2.841,  $p\text{-value} = 0.2416 > \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 8.952666$ ,  $p\text{-value} = 0.01137505 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Protoninfa rank std r Min Max

Alstroemeria 1.943846 34.42308 0.1025310 26 1.75 2.13

Maíz 2.028824 51.36765 0.1413091 34 1.75 2.29

Presa 1.950000 36.71739 0.1194305 23 1.75 2.13

Protoninfa groups

Maíz 51.36765 a

Presa 36.71739 b

Alstroemeria 34.42308 b

#### 4. DEUTONINFA

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.93656$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 2.8469,  $p\text{-value} = 0.2409 > \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 0.1261526$ ,  $p\text{-value} = 0.9388719 > \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

	Deutoninfa	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	2.101154	43.03846	0.08705524	26	2.00	2.25
Maíz	2.075882	40.92647	0.11791414	34	1.71	2.29
Presa	2.088696	42.41304	0.09454697	23	1.88	2.25

#### Deutoninfa groups

Alstroemeria	43.03846	a
Presa	42.41304	a
Maíz	40.92647	a

#### 5. CICLO DE DESARROLLO TOTAL

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.94178$ ,  $p\text{-value} = 0.000941 > \alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 32.661,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 30.85454$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

	Total	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	8.327692	63.65385	0.1263743	26	8.09	8.51
Maíz	7.864412	30.86765	0.3906963	34	7.09	8.55
Presa	7.983478	33.97826	0.1994221	23	7.58	8.33

#### Total groups

Alstroemeria	63.65385	a
Presa	33.97826	b
Maíz	30.86765	b

Anexo 3: Prueba estadística de Kruskal - Wallis para el efecto de la dieta en el desarrollo de la hembra de *Amblyseius aerialis*.

#### 1. HUEVO:

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk): 0.92439, p-value < 0.001;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 27.302, p-value < 0.001;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Kruskal Wallis: Chisq = 51.77395, p-value < 0.001,  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

	Huevo	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	2.984706	76.77941	0.1239070	34	2.75	3.25
Maíz	2.488077	30.63462	0.3206496	26	1.92	3.00
Presa	2.587838	36.37838	0.3015159	37	1.88	3.00

#### Huevo groups

Alstroemeria	76.77941	a
Presa	36.37838	b



Maíz 30.63462 b

## 2. LARVA:

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.95579$ ,  $p\text{-value} = 0.002469$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 13.665,  $p\text{-value} = 0.001078$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 4.969296$ ,  $p\text{-value} = 0.08335489 > \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

	Larva	rank	std r	Min	Max		
	Alstroemeria	1.231176	49.89706	0.0988039	34	1.00	1.38
	Maíz	1.297692	57.82692	0.1794727	26	0.96	1.58
	Presa	1.200000	41.97297	0.1033064	37	0.96	1.38

### Larva groups

Maíz 57.82692 a

Alstroemeria 49.89706 ab

Presa 41.97297 b

## 3. PROTONINFA

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.8479$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 46.358,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 18.51848$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Protoninfa	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	2.030882	32.54412	0.06440251	34	1.92 2.17
Maíz	2.195769	60.28846	0.19730531	26	1.88 2.71
Presa	2.182973	56.18919	0.24157889	37	1.83 2.79

#### Protoninfa groups

Maíz	60.28846	a
Presa	56.18919	a
Alstroemeria	32.54412	b

#### 4. DEUTONINFA

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.93656$ ,  $p\text{-value} = 0.0004894 < \alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 2.8469,  $p\text{-value} = 0.2409 < \alpha = 0.05$ , (Prueba no significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 42.47332$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba significativa).

Deutoninfa	rank	std	r	Min	Max
Alstroemeria	2.060882	43.85294	0.04575082	34	2.00 2.21
Maíz	2.605385	78.42308	0.41934454	26	2.00 3.17
Presa	2.030541	33.05405	0.10966986	37	1.83 2.25

#### Deutoninfa groups

Maíz	78.42308	a
Alstroemeria	43.85294	b
Presa	33.05405	c

## 5. CICLO DE DESARROLLO

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk):  $W = 0.96759$ ,  $p\text{-value} = 0.01685$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Homogeneidad de varianzas (Bartlett): Bartlett's K-squared = 53.274,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Kruskal Wallis:  $\text{Chisq} = 27.34058$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ;  $\alpha = 0.05$ , (Prueba altamente significativa).

Total rank std r Min Max

Alstroemeria 8.307647 55.44118 0.1326663 34 8.09 8.58

Maíz 8.586923 66.48077 0.5935100 26 7.29 9.42

Presa 8.001351 30.79730 0.4349915 37 7.13 9.17

Total groups

Maíz 66.48077 a

Alstroemeria 55.44118 a

Presa 30.79730 b

Anexo 4: Prueba estadística Mann - Whitney para la comparación entre sexos por estado de desarrollo en cada dieta.

Mann-Whitney' test

ALSTROEMERIA

	ESTADÍSTICO = W	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Huevo	178	< 0.001	***
Larva	643.5	0.002573	**
Protoninfa	685.5	0.0001874	***
Deutoninfa	350.5	0.132	N.S.
Total	390.5	0.4434	N.S.

## MAÍZ

	ESTADÍSTICO = W	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Huevo	242.5	0.08137	N.S.
Larva	488.5	0.005758	**
Protoninfa	488.5	0.005742	**
Deutoninfa	586.5	< 0.001	***
Total	546.5	0.0001393	***

## PRESA

	ESTADÍSTICO = W	P-VALOR	SIGNIFICANCIA
Huevo	254.5	0.02648	*
Larva	448.5	0.3478	N.S.
Protoninfa	657	< 0.001	***
Deutoninfa	262	0.03441	*
Total	401.5	0.8707	N.S.

N.S. No Significativo

\* significativo

\*\*altamente significativo

\*\*\*muy altamente significativo

Anexo 5: Prueba estadística Kruskal - Wallis para el consumo de larvas de cada estado de desarrollo de *Amblyseius aerialis*.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.89282$ ,  $p\text{-value} = 4.276e-10$

Homogeneidad de varianzas (Bartlett):  $K\text{-squared} = 44.355$ ,  $df = 5$ ,  $p\text{-value} = 1.962e-08$

1. Consumo de larvas por deutoninfa hembra.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.96852$ ,  $p\text{-value} = 0.3697$

2. Consumo de larvas por deutoninfa macho.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.92813$ ,  $p\text{-value} = 0.09968$

3. Consumo de larvas por larva hembra.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.88763$ ,  $p\text{-value} = 0.001359$

4. Consumo de larvas por larva macho.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.85748$ ,  $p\text{-value} = 0.003729$

5. Consumo de larvas por protoninfa hembra.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.97073$ ,  $p\text{-value} = 0.4285$

6. Consumo de larvas por protoninfa macho.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.94647$ ,  $p\text{-value} = 0.2468$

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 140.32,  $df = 5$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$  (Prueba significativa).

	Rango	groups
PRO-HEM	139.87838	a
DEU-HEM	133.98649	a
PRO-MAC	100.00000	b
DEU-MAC	88.13043	b
LA-HEM	33.72973	c
LA-MAC	25.30435	c

Anexo 6: Prueba estadística de Kruskal - Wallis en la preferencia alimenticia de *Amblyseius aerialis*.

Prueba de Normalidad (Shapiro – Wilk):  $W = 0.9446$ ,  $p\text{-value} = 0.002549$

1. Predación de adultos

$W = 0.8881$ ,  $p\text{-value} = 0.06278$

2. Predación de deutoninfas

$W = 0.93104$ ,  $p\text{-value} = 0.2828$

3. Predación de huevos

$W = 0.93077$ ,  $p\text{-value} = 0.2802$

4. Predación de larvas

W = 0.89611, p-value = 0.08303

5. Predación de protoninfas

W = 0.90241, p-value = 0.1036

Homogeneidad de varianzas (Bartlett)

Bartlett's K-squared = 10.56, df = 4, p-value = 0.03199

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 43.733, df = 4, p-value = 7.29e-09

Critical Value: 43.73298

Degrees of freedom: 4

Pvalue Chisq : 7.289607e-09

Post Hoc Analysis

t-Student: 1.994437

Alpha : 0.05

Minimum Significant Difference: 10.41544

Treatments with the same letter are not significantly different.

CONS groups

LARVA 56.26667 a

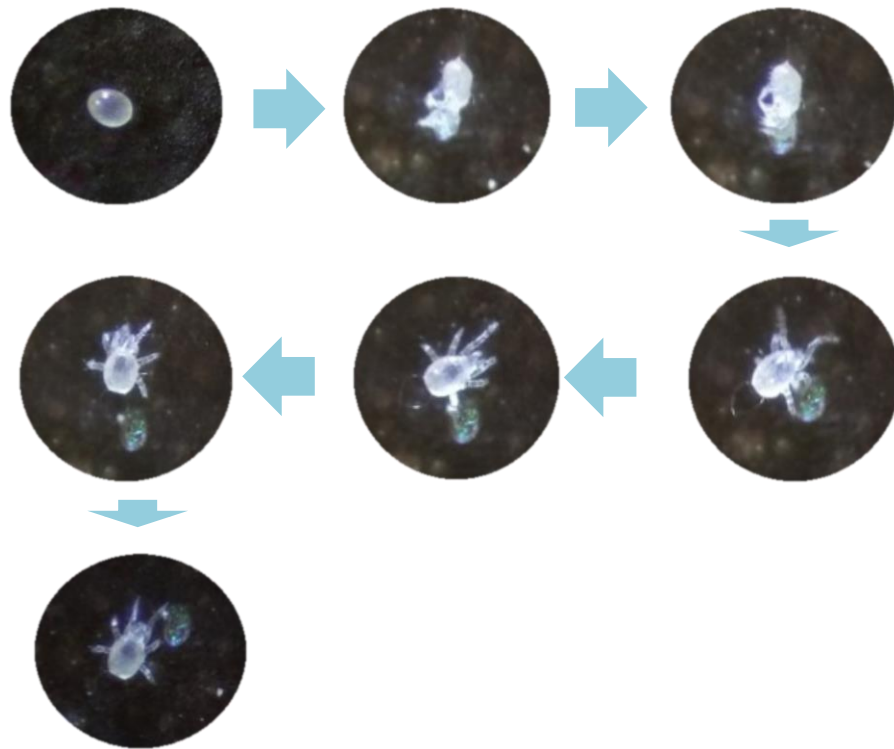
PROTO 51.83333 ab

DEUTO 44.03333 b

ADULTO 25.66667 c

HUEVO 12.20000 d

Anexo 7: Proceso de muda de huevo a larva de *Amblyseius aerialis*



Anexo 8: Proceso de muda de larva a protoninfa de *Amblyseius aerialis*

