

ESTUDIOS BIOLÓGICOS DEL TIROTEADOR DE LA PAPA *NAUPACTUS* SP.
(COLEÓPTERA: CURCULIONIDAE)

JENNIFER PAOLA GARZA PUENTES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C. SEPTIEMBRE DEL 2006

ESTUDIOS BIOLÓGICOS DEL TIROTEADOR DE LA PAPA *NAUPACTUS* SP.
(COLEÓPTERA CURCULIONIDAE)

JENNIFER PAOLA GARZA PUENTES

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar al título de
BIÓLOGA

EDUARDO ESPITIA MALAGÓN

Corpoica
DIRECTOR

AMANDA VARELA

Departamento de Biología
Pontificia Universidad Javeriana
CODIRECTORA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C. SEPTIEMBRE DEL 2006

Nota de advertencia

Artículo 23 de la resolución N° 13 de julio de 1946

“ La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo se velará por que no se publique nada contrario al dogma de la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra alguna persona, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia ”.

Bogotá septiembre 12 del 2006

Señores
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Ciudad

Estimados señores:

Yo Jeniffer Paola Garza Puentes, identificada con la C.C. No. 52 962 973, Autora del trabajo de grado titulado: Estudios biológicos del tiroteador de la papa *Naupactus* sp. (Coleoptera; curculionidae), presentado como requisito para optar al título de Bióloga en el año 2006; autorizo a la Universidad Javeriana a:

- a) Reproducir el trabajo en medio digital o electrónico con el fin de ofrecerlo para consulta en la Biblioteca general. Si
- b) Poner a disposición para la consulta con fines académicos, en la página web de la facultad, de la biblioteca general y en redes de información con las cuales tenga convenio la universidad Javeriana. Si
- c) Enviar el trabajo en formato impreso o digital, en caso de que sea seleccionado para participar en concursos de trabajos de grado. Si
- d) Distribuir ejemplares de la obra para la consulta entre las entidades educativas con las que la facultad tenga convenio de intercambio de información, para que este sea consultado en las bibliotecas y centros de documentación de las respectivas entidades. Si
- e) Todos los usos, que tengan finalidad académica. Si

Los derechos morales sobre el trabajo son de los autores de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la decisión Andina 351 de 1993, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. Atendiendo lo anterior, siempre que se consulte la obra, mediante cita bibliográfica se debe dar crédito al trabajo y a su autor. Este documento se firma, sin perjuicio de los acuerdos que el autor pacte con la Unidad Académica referentes al uso de la obra o a los derechos de propiedad industrial que puedan surgir de la actividad académica.

Jeniffer Paola Garza Puentes
cc. 52 962 973

ESTUDIOS BIOLÓGICOS DEL TIROTEADOR DE LA PAPA *NAUPACTUS* SP.
(COLEÓPTERA CURCULIONIDAE)

JENNIFER PAOLA GARZA PUENTES

APROBADO:

Eduardo Espitia Malagón I.A. MSc
DIRECTOR

Amanda Varela MSc, PhD
Codirectora

Jurado 1 Pedro Porras Msc.

Edison Valencia Msc. PhD. Jurado2

ESTUDIOS BIOLÓGICOS DEL TIROTEADOR DE LA PAPA *NAUPACTUS* SP.
(COLEÓPTERA CURCULIONIDAE)

JENNIFER PAOLA GARZA PUENTES

APROBADO:

Ángela Umaña, M phil
Decana universitaria

Andrea Forero
Directora de carrera

Descripción trabajo de grado

Autor

Garza Puentes	Jeniffer Paola
---------------	----------------

Director

Espitia Malagon	Eduardo
-----------------	---------

Asesor (Codirectora)

Varela	Amanda
--------	--------

TRABAJO PARA OPTAR POR EL TITULO DE Bióloga

TITULO COMPLETO DEL TRABAJO: Estudios biológicos del troteador de la papa
Naupactus sp. (Coleoptera: Curculionidae)

FACULTAD: Ciencias Básicas

PROGRAMA: Carrera

NOMBRE DEL PROGRAMA: Biología

CIUDAD Bogotá AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO 2006

NUMERO DE PÁGINAS: 119

TIPO DE ILUSTRACIONES

- Ilustraciones
- Mapas
- Retratos
- Tablas, gráficos y diagramas **X**
- Planos
- Laminas
- Fotografías **X**

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES

Ciclo de vida, *Naupactus* sp, Tiroteador de la papa, Ley de Dyar, Partenogénesis

RESUMEN DEL CONTENIDO

Los cultivos de papa del altiplano cundiboyacense han sido atacados en los últimos 20 años por un grupo de insectos denominados Tiroteador de la Papa. La falta de información básica sobre este insecto ha impedido impulsar investigaciones sobre alternativas de manejo. Por esta razón, el presente trabajo se realizó con el fin de proporcionar información relacionada con la duración del ciclo de vida de este insecto bajo condiciones controladas de temperatura (17.9°C - 22.5°C) y humedad relativa (60.8% -82.8%), en los laboratorios del C.I. Corpoica Tibaitatá. Se determinó que el ciclo completo dura 319 días desde huevo hasta la primera postura del adulto. El estado de huevo dura 32 días, tiempo durante el cual cambia de color de blanco a naranja. El estado de larva duró 210 días pasando por ocho instares larvales que se determinaron después de aplicar la ley de Dyar. Se observó que las larvas de primer instar sobreviven al menos 15 días sin alimento y pueden mudar al segundo instar sin necesidad de alimentarse. También se comprobó que las larvas producen daños en los tubérculos, la raíz y tallos subterráneos en las plantas de tres genotipos de papa. El periodo de pupamiento dura 27 días y continúa por un periodo de 15 días hasta la emergencia del adulto melanizado. El adulto vive 132 días y desde el día 35 las hembras pueden colocar huevos cada cuatro días sin la necesidad de haber copulado, lo que confirmó la ocurrencia de partenogénesis en este insecto.

DEDICATORIA

A mis padres a mi hermana y sobrinos

Por su amor y apoyo incondicional

A mi hermano Nestor Fernando
quien ha sido mi apoyo académico, emocional y económico

desde el principio de mi carrera
y a quien le debo mi pasión por la investigación

AGRADECIMIENTOS

A mis familiares y amigos por su ayuda emocional, paciencia y constante apoyo, en todos los momentos durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mi director Eduardo Espitia, por la colaboración y guía dadas durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mi codirectora Amanda Varela, por su valiosa y oportuna colaboración ofrecida durante la realización de este trabajo.

A la Ingeniera Maria Victoria Zuluaga y el asistente de entomología Jesús Gómez (Corpoica), por su colaboración y consejos durante la búsqueda de ejemplares y la instalación de la cría básica.

A Tatiana Rodríguez y Nidia Tenjo, por su constante apoyo y compañía durante la fase metodológica de este estudio.

Al centro de investigación agropecuaria de Corpoica Tibaitata y al programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas, por sus instalaciones y recursos dados para el desarrollo de la investigación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Generalidades del Cultivo de la Papa	22
2.2 Morfología y Fenología del Cultivo de la Papa	23
2.3 Variedades de Papa en Colombia	24
2.3.1 Variedad Parda Pastusa	24
2.3.2 Variedad Diacol Capiro	26
2.3.3 Especie Papa Criolla (<i>Solanum phureja</i> Juz. et Buk)	26
2.4 Insectos Plaga en el Cultivo de Papa	27
2.5 Manejo Integrado de Plagas del Cultivo de Papa en Colombia	28
2.6 Tiroteador De La Papa	29
2.6.2 Distribución Geográfica	29
2.6.3 Descripción General de Adultos	30
2.6.4 Comportamiento de Oviposición	32
2.6.5 Descripción General de Larvas	33
2.6.6 Hospederos y Daño	33
2.6.7 Tipos de Control	34
2.6.8 El Tiroteador de la Papa en Colombia	35
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	37
3.1 Problema de Investigación	37
3.2 Justificación de la Investigación	38

4. OBJETIVOS	39
4.1 Objetivo General	39
4.2 Objetivos Específicos	38
5. MATERIALES Y MÉTODOS	40
5.1 Recolección del Material en Campo	40
5.2 Localización del Estudio	42
5.3 Técnicas de Cría	42
5.3.1 Técnica de Cría 1	43
5.3.2 Técnica de Cría 2	44
5.4 Ciclo de Vida	45
5.4.1 Estado de Adulto	45
5.4.1.1 Seguimiento 1. Descripción morfológica e identificación de sexos	45
5.4.1.2 Seguimiento 2. Tipo de Reproducción, Fecundidad y Fertilidad	46
5.4.2 Estado de Huevo	48
5.4.3 Estado de Larva	49
5.4.3.1 Seguimiento 1. Duración y determinación de instares larvales	49
5.4.3.2 Seguimiento 2. Descripción morfológica del estado	51
5.4.3.3 Ensayo 1. Comportamiento de Larvas de Primer Ínstar	51
5.4.3.4 Ensayo 2. Comportamiento y Daño de Larvas en Tres Tipos de Papa	52
5.4.4 Estado de pupa	56
6. RESULTADOS	58
6.1 Captura del Material en Campo	58
6.2 Técnicas de Cría	59
6.3 Ciclo de Vida	62
6.3.1 Estado de adulto	63

6.3.1.1	Descripción morfológica de hembras	63
6.3.1.2	Estrategias reproductivas y hábitos de oviposición	66
6.3.1.3	Fecundidad y fertilidad	68
6.3.2	Estado de Larva	69
6.3.2.1	Determinación del número de instares larvales	69
6.3.2.2	Descripción morfológica del estado de larva.	74
6.3.2.2	Descripción de los Instares Larvales	75
6.3.2.3	Comportamiento del Primer Instar	77
6.3.2.4	Descripción Daño Ocasionado por la Larva a Diferentes Tipos de Papa	78
6.3.3	Estado de Pupa	82
7.	DISCUSIÓN	85
7.1	Ciclo de Vida	85
7.1.1	Estado de Adulto	86
7.1.1.1	Partenogénesis, fecundidad, fertilidad y longevidad	86
7.1.2	Estado de Huevo y Hábitos de Oviposición	89
7.1.3	Estado de Larva	90
7.1.3.1	Instares larvales	90
7.1.3.2	Comportamiento del primer instar	92
7.1.3.3	Daño ocasionado a tres genotipos de papa	94
7.1.3.4	Distribución poblacional de la larvas y pupas en la suelo	95
7.1.4	Pupa y Melanización	96
8.	CONCLUSIONES	97
9.	RECOMENDACIONES	98
10.	REFERENCIAS	99
11.	ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Captura diurna de larvas y adultos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. en la vereda Romeral, en el municipio de Sibaté. a. Larvas en el suelo después de la cosecha; b. Trampa de paso colocada dentro del cultivo para captura de adultos. 41
- Figura 2.** Captura nocturna de adultos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. en la vereda Romeral, en el municipio de Sibaté. a. Adultos en el suelo; b. Adultos en las hojas de Papa en las horas de la noche; c. Daño ocasionado por los adultos en el follaje; d. Adulto fingiendo su muerte sobre hoja de Papa. 41
- Figura 3.** Recipientes utilizados en la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Caja plástica Vaniplas® de 15x15x5 centímetros, con tallo seco de gramínea para oviposición resaltado en un círculo. b. Vasos transparentes de 3 cm de largo por 4 cm de diámetro y de 10 onzas utilizados para colocar larvas de diferentes tamaños. 43
- Figura 4.** Recipiente transparente de 16 cm de diámetro por 10 cm de alto, utilizado para el mantenimiento y observación del estado de pupa del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Pupa en el borde del recipiente; b. Adulto melanizando en el borde del recipiente. 44
- Figura 5.** Recipientes utilizados en la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Caja de petri con postura y larvas en el interior; b. Recipiente transparente de 10 cm de diámetro por 5 cm de alto utilizado para colocar hembras vírgenes, con tallo seco de gramínea para oviposición resaltado en un círculo rojo. 45
- Figura 6.** Ensayo de búsqueda geotáctica del alimento en condiciones controladas, por parte de las larvas recién eclosionadas del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. 52

Figura 7. Ataque por ácaros y bacterias a los estados de larva y pupa en la cría básica del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. a. ácaros sobre larva muerta; b. ataque de ácaros a pupa; c. Muerte de larva aparentemente por ataque de bacterias.	60
Figura 8. Cabeza y tarsos del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. a. Ojos; b. Antena geniculada; c. Tarsos y uñas tarsales.	64
Figura 9. Morfología externa del cuerpo del adulto hembra de <i>Naupactus</i> sp. a. Vista dorsal; b. Vista ventral.	65
Figura 10. Morfología externa de la genitalia femenina del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. a. Hembra con ovipositor expuesto; b. oviscapto c. hemisternitos terminales del oviscapto.	65
Figura 11. Tipos de posturas encontrados en la población de la cría básica del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. a. Postura con doble hilera de huevos y membrana delgada; b. Postura no tan común expuesta fuera del trozo de tallo seco de gramínea y con membrana delgada; c. Postura de cuatro hileras de huevos y membrana gruesa.	67
Figura 12. Proceso de eclosión de las larvas en la cría básica de <i>Naupactus</i> sp. a. Larva saliendo del huevo; b. diferenciación de las mandíbulas de las larvas prontas a eclosionar.	68
Figura 13. Relación fecundidad y fertilidad, con respecto a la duración del ciclo de oviposición de la hembra, medido como numero de días después de la primera postura. *Días después de la primera postura (después del día 35 cada 4 días)	69
Figura 14. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del largo de una de las mandíbulas de 403 larvas de <i>Naupactus</i> sp.	70

Figura 15. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de una de las mandíbulas de 403 larvas de <i>Naupactus</i> sp.	70
Figura 16. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de la cápsula cefálica de 403 larvas de <i>Naupactus</i> sp.	71
Figura 17. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de la cápsula cefálica de 403 larvas de <i>Naupactus</i> sp.	71
Figura 18. Matriz de correlación entre las variables, Largo de la mandíbula (Ma. largo), Ancho de la capsula cefálica (CC ancho), largo del cuerpo (Cu largo) y ancho del cuerpo (Cu ancho).	73
Figura 19. Plot a escala logarítmica de la variable largo de la mandíbula.	74
Figura 20. Morfología externa de la larva de <i>Naupactus</i> sp. a. Cuerpo completo; b. Vista frontal larva capsula cefálica; c. Vista frontal larva clípeo; d. Vista frontal larva mandíbulas; e. Vista frontal larva maxilas f; Vista frontal larva labium	75
Figura 21. Ínstares larvales obtenidos por la Ley de Dyar para el Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. del altiplano Cundiboyacense a. Primero b. Segundo c. Tercero d. Cuarto e. Quinto f. Sexto g. Séptimo h. Octavo.	76
Figura 22. Daño de larvas de los primeros ínstares del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. en tubérculo de la variedad Parda Pastusa ,observado con lupa.	77
Figura 23. Diferentes tipos de daño ocasionados por las larvas de <i>Naupactus</i> sp. a tubérculo de la variedad Diacol Capiro a. Roeduras superficiales superpuestas en forma de camino; b. Orificio de profundidad igual a la longitud de la larva.	78

- Figura 24.** Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a tubérculo de la variedad sabanera. 78
- Figura 25** Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la variedad Parda Pastusa. a. Daño a tubérculo b. Daño a tallo subterráneo. 79
- Figura 26.** Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la variedad Diacol Capiro. a. Daño a tubérculo b. Daño a estolón. 80
- Figura 27.** Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la especie Papa Criolla. a. daño a tubérculo b. daño a tallo subterráneo. 80
- Figura 28.** Fases de pupa de *Naupactus* sp. a. Prepupa: larva con segmentos torácicos ensanchados; b. Larva con formación primaria de patas y pterothecas; c. pupa de color blanco con tecas formadas; d. pupa final; de color amarillo, es la última fase antes de salir adulto. 83
- Figura 29.** Cámaras pupales de *Naupactus* sp. encontradas en campo a. Cámara pupal formada en terrón; b. Cama pupal en formación por larva de 9 mm de longitud. 84
- Figura 30.** Fase de melanización del adulto de *Naupactus* sp. a. Adulto recién emergido de la pupa; b. Adulto en proceso de esclerotización; c. Adulto recién emergido del suelo; d. Adulto completamente esclerotizado. 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies vegetales en las cuales se ha reportado <i>Naupactus</i> spp. como plaga de importancia agrícola en diferentes países del mundo. Modificado de Canchala (1992).	34
Tabla 2. Diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con dos tratamientos, para la observación del daño de las larvas de Tiroteador <i>Naupactus</i> sp. a las plantas de tres genotipos tipos de Papa.	53
Tabla 3. Diseño experimental de Completamente al Azar con dos tratamientos, para la observación del daño de las larvas de Tiroteador <i>Naupactus</i> sp. a los tubérculos de tres genotipos tipos de Papa.	56
Tabla 4. Total de larvas de la cría básica del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. y su distribución en los seguimientos y ensayos del estado.	58
Tabla 5. Relación largo y ancho del cuerpo, de las mandíbulas y de la capsula cefálica con la edad en semanas de 60 larvas obtenidas en la cría básica.	60
Tabla 6. Numero de huevos, posturas y larvas eclosionadas por hembra y por el total de las 20 hembras vírgenes estudiadas en la población obtenida en la cría básica del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp.	61
Tabla 7. Duración de los cuatro estados del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. del altiplano Cundiboyacense, bajo condiciones controladas (19.5°C 60-70% humedad)	63
Tabla 8. Relación de los coeficientes de variación para las variables largo de la mandíbula y ancho de la capsula cefálica en cada uno de los ocho instares larvales obtenidos para el Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp.	72

Tabla 9. Descripción de largo y ancho del cuerpo, mandíbulas, y cápsula cefálica para cada uno de los ocho instares larvales y edad de los primeros seis instares, del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp del altiplano Cundiboyacense.	76
Tabla 10. Daño promedio ocasionado por larvas de Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. Sobre la parte subterránea del las plantas de tres genotipos de Papa.	79
Tabla 11. Ciclo de vida en días de los biotipos del Tiroteador de la Papa de Nariño y del altiplano Cundiboyacense.	85

Resumen

Los cultivos de Papa del altiplano Cundiboyacense han sido atacados en los últimos 20 años por una plaga denominada Tiroteador de la Papa. La falta de información básica sobre este insecto ha impedido impulsar investigaciones sobre alternativas de manejo. Por esta razón, el presente trabajo se realizó con el fin de proporcionar información sobre este insecto, relacionada con la duración del ciclo, estrategias reproductivas, hábitos de oviposición y hábitos alimenticios de las larvas.

Para poder describir cada uno de los estados del ciclo de vida del insecto, se estableció una cría básica de este insecto en los laboratorios de cría del C.I. Corpoica Tibaitata, con individuos colectados en los cultivos de papa del Páramo de la vereda Romeral, Sibaté Cundinamarca. El ciclo de vida de huevo hasta la primera oviposición del adulto duró 249-380. El periodo de incubación del huevo fue de 32 días, durante este tiempo los huevos cambiaron de color blanco a naranja. El estado de larva duró en promedio 210 días y pasa por ocho instares larvales, que fueron determinados después de aplicar la Ley de Dyar. Se observó y describió el daño producido por las larvas a los tubérculos y la zona radicular de las plantas de tres genotipos de Papa, también se estableció que las larvas de primer instar pueden durar mínimo de 15 días sin consumir alimento y mudar al segundo instar sin la necesidad de alimentarse.

El estado de pupa duró 27 días y la fase de melanización hasta la emergencia del adulto del suelo duró 15 días. Los adultos tuvieron en una longevidad de 135 días y a partir del día 35 de vida, las hembras colocaron huevos de forma partenogenética. La información aquí recopilada se espera ayude a futuras investigaciones sobre manejo alternativo de este insecto en los agroecosistemas de papa.

1. INTRODUCCIÓN

Diferentes zonas productoras de Papa en Colombia, principalmente en Nariño y el altiplano cundiboyacense, son afectadas por las larvas de un grupo de insectos muy parecidos al Gusano Blanco de la Papa (*Premnotrypes vorax*), denominados Tiroteador de la Papa. Las roeduras superficiales que le producen a los tubérculos demeritan su calidad para consumo en fresco o procesado (Zuluaga y Espitia 2005, Peña 2001).

Este grupo de insectos polífagos son conocidos en Latinoamérica como vaquitas o burritos e incluye especies de los géneros *Naupactus*, *Graphognathus*, *Pantomorus*, *Asynonychus*, *Atrichonotus*, *Aramigus*, *Baripeithes* y *Othiorinchus* entre otros. Estos géneros pertenecen al orden Coleoptera, familia Curculionidae y subfamilia Entiminae. Aunque el biotipo de Tiroteador de la Papa del altiplano se ha clasificado dentro de género *Naupactus*, este género posee cuatro sinónimos que son los géneros *Graphognathus*, *Pantomorus*, *Othiorhynchus* y *Asynonychus*; lo que dificulta la verdadera determinación de este biotipo (Lanteri *et al.* 2002, Marvaldi y Lanteri 2000).

A partir de 1980 se ha tenido reportes de este grupo de insectos en los agroecosistemas de los cultivos de Papa (Peña 2001), pero sólo hasta ahora, cuando el incremento de las poblaciones locales de esta plaga se ve reflejado en las pérdidas económicas para los agricultores, se ha incentivado a los investigadores del sector agrario a realizar estudios básicos para proponer programas de manejo y evitar el aumento y diseminación de las poblaciones de Tiroteador en la zona.

El único estudio realizado en Colombia con uno de los biotipos de Tiroteador de la Papa encontrado en los cultivos de Nariño, recopiló información sobre la biología y comportamientos de alimentación en hospederos alternos al cultivo de la Papa de este insecto (Canchala 19921), pero todavía no se tiene conocimiento sobre algunos aspectos del ciclo de vida y la ecología de esta plaga, especialmente sobre el biotipo que se encuentra en el altiplano cundiboyacense. Esto ha dificultado generar alternativas de control y uso racional de los insecticidas para combatirlo.

Este trabajo se planteó con el fin de de obtener información fundamental, para desarrollar estudios sobre estrategias de manejo para el Tiroteador de la Papa en los cultivos de la zona del altiplano Cundiboyacense, Dentro del estudio se observó: la duración de los estados y la descripción morfológica de cada uno; tipo de reproducción; hábitos de oviposición; comportamientos de las larvas de primer ínstar relacionados con la búsqueda y selección del alimento y descripción del daño producido por las larvas a los tubérculos y raíces de plantas de las variedades Dicaol Capiro, Parda Pastusa y la especie Papa Criolla.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del Cultivo de la Papa

Al nivel mundial, la Papa ha aumentado significativamente su importancia como producto agrícola, ubicándose como el cuarto producto más consumido después del trigo, arroz y maíz. En Colombia el cultivo se ubicó en el tercer lugar en lo que se refiere a producción nacional para el año 2001, con 2,87 millones de toneladas, el noveno en extensión con 172.439 hectáreas cultivadas y el sexto en valor comercial. Alrededor de 90.000 familias dependen de la explotación directa del cultivo y promueve el trabajo de forma indirecta en actividades como transporte, producción y comercialización del producto (Martínez *et al.* 2003).

Los cultivos se encuentran diseminados en el clima frío, entre los 2000 a los 3000 m.s.n.m, con temperaturas entre los 8-18 °C, aunque las alturas entre los 2800-3000 m.s.n.m son las más aptas para la producción de este cultivo. Requiere de suelos sueltos y ligeros de preferencia franco arcillosa, con buen drenaje, de una gruesa capa vegetal y abundante materia orgánica. Alrededor del 75% del área cultivada en el país se encuentra en zonas de topografía quebrada y ondulada, con pendientes superiores al 25% lo que dificulta adelantar labores de producción (Alonso y Hijmans 2002). Se cultiva en toda la zona alto-andina: El 89% de la producción total del país

se siembra en los departamentos de Cundinamarca (42%), Boyacá (27,6%), Nariño (9,84%) y Antioquia (8,51%) (Martínez *et al.* 2003).

La producción de Papa en el país incluye una alta aplicación de agroquímicos para controlar plagas y enfermedades, motivo por el cual se le considera el cultivo que tiene mayor gasto en lo que se refiere a control sanitario. En algunos casos los agroquímicos utilizados son altamente tóxicos y muchos de ellos han sido usados por períodos de tiempo muy largos lo que causa daños irreparables en el ambiente (Sipsa 2002, Palacios 1998).

2.2 Morfología y Fenología del Cultivo de la Papa

La Papa (*Solanum tuberosum* L), es una planta herbácea con hábito preferiblemente erecto, aunque algunas variedades pueden poseer hábito arrosetado o rastroso. Las plantas poseen uno o varios tallos principales que salen de los tubérculos y de los cuales se pueden ramificar tallos laterales, éstos a su vez poseen hojas compuestas con varios folíolos laterales y uno terminal. Los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos y forman los tubérculos por medio del ensanchamiento de su extremo apical (Santos y Segura 2005).

Los tubérculos sirven como órgano vertedero o de almacenamiento de los compuestos de la fotosíntesis de la planta. Este órgano es utilizado como alimento por la cantidad de carbohidratos almacenados en su parénquima de reserva. También es utilizado por los agricultores como tejido de propagación asexual o semilla al realizar la siembra de los cultivos (Santos y Segura 2005; Heredia *et al.* 2000).

El rendimiento de las plantas y de los cultivos está ligado a diferentes factores medioambientales como la incidencia e intensidad de la luz, la longitud del día, la temperatura y la regulación hídrica relacionada con el drenaje del suelo y la cantidad de agua recibida. Los cambios en las condiciones óptimas de estos factores pueden

alterar la morfología, la fisiología y el sistema de conducción de sustancias y productos fotosintéticos, desviando las vías principales y formando tubérculos pequeños o con baja cantidad de carbohidratos (Heredia *et al.* 2000).

Durante el desarrollo de la planta su crecimiento se ve reflejado en el incremento en materia seca o volumen y los cambios en tamaño, masa, forma y número de los diferentes estructuras que la componen. (Santos y Segura 2005; Sánchez 2003; Heredia *et al.* 2000). Según Sánchez (2003) se diferencian cinco estados en el desarrollo de la plantas de Papa que son:

1. **Desarrollo de brotes:** Las yemas se desarrollan dando lugar a nuevos brotes que rompen la superficie del suelo y emergen.
2. **Crecimiento vegetativo:** Desarrollo de hojas y tallos sobre la superficie del suelo y formación de raíces y estolones por debajo del suelo.
3. **Iniciación del tubérculo:** Formación de los tubérculos a partir del ensanchamiento de la punta de los estolones.
4. **Llenado del tubérculo:** Las células del parénquima de reserva se expanden con la acumulación de los nutrientes.
5. **Maduración:** El follaje cambia a color amarillo y las hojas se pierden, baja la actividad fotosintética y el crecimiento de los tubérculos. El contenido de materia seca de los tubérculos alcanza el máximo valor y la piel del tubérculo se endurece aumentando su espesor.

2.3 Variedades de Papa en Colombia

En Colombia existe una gran cantidad de variedades de papa *S. tuberosum*. Entre las variedades mejoradas, producidas y nativas suman un total aproximado 50

materiales que se adaptan a diferentes pisos térmicos. En el país se siembra aproximadamente 30 variedades, de las cuales solo 10 tienen importancia comercial y de éstas se ha generalizado el empleo de cuatro variedades que son: Parda Pastusa, Diacol Capiro, ICA Puracé, Tuquerreña o Sabanera y la especie Papa Criolla "yema de huevo" (*Solanum phureja*) (Correo de la Papa 2002; Heredia *et al.* 2000).

2.3.1 Variedad Parda Pastusa

Esta variedad es la más cultivada en todo el país y es la que más se utiliza para consumo en fresco a nivel nacional. Se siembra en Cundinamarca y Boyacá en las laderas de alta montaña entre los 2700-3500 m. (Correo de la Papa 2002). Se adapta bien a climas fríos y de páramo, requiere de buena precipitación y suelos fértiles no muy labrados, su ciclo vegetativo dura de 6 a 7 meses dependiendo de la altitud, mostrándose como una variedad de madurez tardía. En buenas condiciones se caracteriza por poseer numerosos tallos gruesos que forman un follaje abundante (Heredia *et al.* 2000).

En esta variedad la emergencia ocurre a los 15 días después de la siembra, el desarrollo de las ramas empieza a los 29 días después de la emergencia siendo más rápida que otras variedades. El crecimiento foliar sigue durante los siguientes 52 días, luego del día 81 después de la siembra se reduce la formación de hojas y comienza la etapa de floración y formación de frutos. La formación del tubérculo empieza a los 46 días después de la emergencia y se demora 98 días en su llenado total. A partir de los 74 días después de la emergencia se comienza a ver los frutos; etapa que está altamente relacionada con el llenado de los tubérculos. Después de 109 días de la emergencia empieza la senescencia de la planta (Santos y Segura 2005).

2.3.2 Variedad Diacol Capiro

Esta variedad se generó en Antioquia donde se cultivó como variedad principal por más de 20 años, hasta que en 1983 se empezó a difundir en otros departamentos por su posible uso industrial. Es cultivada por productores industriales tecnificados en el altiplano Cundiboyacense, entre las alturas de 2500-2600 m (Correo de la Papa 2002). El periodo vegetativo es de 4.5 a 6 meses y medio a seis meses según la altitud del lugar donde se cultive. Requiere de buena precipitación para formar tubérculos de buena calidad industrial, (Heredia *et al.* 2000).

El desarrollo de la planta empieza con la emergencia del tubérculo a los 15 días después de la siembra. Luego de 29 días comienza la formación de brotes laterales para la producción masiva de ramas, la producción total de hojas y tallos se completa durante los siguientes 59 días. La formación del tubérculo empieza aproximadamente a los 35 días después de la emergencia y el llenado total ocurre 67 días después. Los frutos se desarrollan a los 102 días después de la emergencia y la senescencia empieza aproximadamente a los 124 días (Santos y Segura 2005).

2.3.3 Especie Papa Criolla (*Solanum phureja* Juz. et Buk)

Es típica del país y representa uno de los recursos genéticos de mayor importancia, considerando su alto valor alimenticio y comercial a nivel nacional e internacional, como producto exótico para destinos como Estados Unidos, Europa y Japón (Sánchez 2003). Se caracteriza por ser una planta de porte bajo y rápido crecimiento con tuberización temprana. Se considera una especie de alto redimiendo para el consumo fresco, por la calidad nutricional y por su alta aceptación en el mercado. Su periodo vegetativo es de 4 meses y su rango de adaptación esta comprendido entre las altitudes de 2200-3000 m (Heredia *et al.* 2000).

Emerge a los 15 días después de ser sembrada; la producción de hojas es lenta hasta los 65 días después de la siembra, luego se acelera hasta llegar al máximo de producción de hojas a los 107 días. La disminución drástica en la producción de

hojas lleva a la senescencia de la planta a los 127 después de la siembra. La formación de estolones comienza a los 30 días después de siembra, teniendo un crecimiento gradual hasta los 51 días, cuando comienza la formación del tubérculo, el llenado total es hasta los 79 días después de la siembra coincidiendo con la floración y aparición de frutos (Sánchez 2003).

2.4 Insectos Plaga en el Cultivo de Papa

Se han identificado más de 100 especies de insectos relacionados con el cultivo, de los cuales muy pocos se consideran plagas de importancia agrícola. Estos últimos se clasifican en dos clases de acuerdo al tipo de daño: 1. Los defoliadores, que comen las hojas y tallos como la mosca minadora. 2. Los que consumen la parte radicular y el tubérculo como lo son gran variedad de larvas de diferentes órdenes de insectos Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, (Wright *et al.* 2000; Alcázar 1997).

La alta incidencia de insectos plaga en este cultivo como lo son el caso del Gusano Blanco de la Papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache), la Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny), la Chiza o Mojojoy *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard) y el Tiroteador de la Papa (*Naupactus* spp), se han convertido en un grave problema para los productores nacionales. Estas plagas se caracterizan porque afectan la calidad del tubérculo ocasionando pérdidas en campo y en almacenamiento hasta del 100%. Los controles tradicionales se hacen a base de productos químicos importados de alto costo que generan resistencia y dañan el equilibrio del agroecosistema (Alonso y Hijmans 2002, Peña 2001).

Para algunas plagas como el Gusano Blanco y la Polilla Guatemalteca se han realizado estudios de biología, comportamiento, dinámica poblacional y mejoramiento de plantas y semillas; con el fin de realizar sistemas de manejo integrado que ayuden al agricultor a reducir sus costos de producción (Valencia 2003; Galindo y Aragón 2001; Alcázar 1997 Valencia *et al.* 1991).

2.5 Manejo Integrado de Plagas del Cultivo de Papa en Colombia

La investigación en el manejo de plagas de la Papa ha estado concentrada en los últimos años en el estudio del Gusano blanco y de las Polillas de la Papa. Los estudios sobre el Gusano blanco permitieron definir pautas de control aplicables en un programa de manejo integrado que incluye diferentes actividades como lo son: La utilización de barreras de control químico, aporques y limpieza de malezas, recolección de residuos de las cosechas, rotación de cultivos, uso de trampas de caída para el muestreo de poblaciones y cultivos trampa (Galindo y Aragón 2001, Peña 2001; Alcázar 1997). Con el conocimiento del ciclo de vida del Gusano blanco, se ha logrado un control químico más eficiente en cuanto a número de aplicaciones por año, época en la que se deben realizar las aplicaciones y forma de aplicación del producto (Galindo y Aragón 2001).

De igual manera en los últimos años se han llevado a cabo varias investigaciones sobre la Polilla Guatemalteca (Valencia 2003; Galindo y Aragón 2001; Palacios 1998). La información sobre biología y ecología de esta especie se ha ido recopilando en un sistema de manejo integrado que se está aplicando en los cultivos de algunas zonas del país para reducir la población de esta plaga.

El manejo alternativo involucra prácticas tanto en campo como en almacenamiento. Dentro de las actividades en campo se encuentran el aporque, siembra a mayor profundidad, utilización de semilla de calidad, manejo de residuos, utilización de trampas de feromona sintética, utilización de bioinsecticida a base de baculovirus y la utilización de control alelopático con plantas de eucalipto entre otros. Entre las actividades en almacenamiento encontramos desinfección y limpieza del almacén, utilización de luz tenue para almacenes de semilla y monitoreo del almacén (Valencia 2003; Galindo y Aragón 2001; Palacios 1998).

2.6 Tiroteador De La Papa

2.6.1 Taxonomía

Esta plaga está compuesta por insectos de diferentes especies de los géneros *Naupactus*, *Graphognathus*, *Pantomorus*, *Asynonychus*, *Atrichonotus*, *Aramigus*, *Baripeithes* y *Othiorinchus* entre otros. Estos géneros pertenecen al orden Coleoptera, familia Curculionidae y subfamilia Entiminae. Aunque el biotipo de Tiroteador del altiplano se ha clasificado dentro de género *Naupactus*, este género posee cuatro sinónimos que son los géneros *Graphognathus*, *Pantomorus*, *Othiorinchus* y *Asynonychus*; lo que dificulta la verdadera determinación de este biotipo (Lanteri *et al.* 2002; Marvaldi y Lanteri 2000).

Gracias a técnicas moleculares y nuevos estudios realizados especialmente con características morfológicas y anatómicas de adultos, pupas y larvas, se ha podido discernir sobre la verdadera ubicación de algunas especies de estos géneros, como el caso de el Gorgojo de la Alfalfa que anteriormente se encontraba en el género *Graphognathus* (*Graphognathus leucoloma*) y en la actualidad paso a ser parte del género *Naupactus* (*Naupactus leucoloma*) (Marvaldi y Lanteri 2005).

Dentro de este grupo de géneros existen varias especies de importancia agrícola entre las que se encuentran: *N. leucoloma*, la especie de la que se posee mayor información; *Naupactus minor*, *N. dubious*, *N. pilosis*, *N. imitator*, *N. striatus*, *N. fecundis*, *N. peregrinus*; *N. ecundus*; *N. xanthographus*, *N. durius* (reportado en argentina por Gigante *et al* 1997, como plaga de papa) , *Asynonychus cervinus* (plaga de importancia en flores), *Patomorus. fluctuosus*, *P. auripes*, *Atrichonotus taeniatulus*, *Aramigus tesellatus* y *Othiorinchus sulcatus*.

2.6.2 Distribución Geográfica

Las especies plaga de este grupo de géneros son originarias de la zona sur de los Andes, específicamente entre los países de Argentina, Chile y Uruguay. En

Latinoamérica además de sus países de origen, se tiene reporte de los insectos en Brasil, Perú y Venezuela. (EPPO 2003; Lanteri *et al.* 2002; Lanteri y Normark 1995). Dentro de Estados Unidos se han publicando reportes del género como plaga de diferentes cultivos en Illinois (Shannon y William 2002), Washington (Beers *et al.* 2003) y en Nuevo México y Texas (Sites y Thorvilson 1988). También existen reportes de esta plaga en Europa, Nueva Zelanda, Australia, y Sudáfrica (EPPO 2003; Matthiessen y Shackleton 2000; Hardwick y Prestidge 1996; Lanteri y Normark 1995; Gough y Brown 1991; Dejaguer *et al.* 1989).

2.6.3 Descripción General de Adultos

Los adultos poseen fototactismo negativo, es decir que son más activos en las horas de la noche, cuando copulan y se alimentan. Durante el día se concentran en los terrones cerca de las plantas o en cualquier lugar que le ofrezca humedad y protección. Algunas especies son partenogenéticas, es decir que las hembras no necesitan de machos para reproducirse, especialmente las poblaciones introducidas a diferentes países. Las especies con reproducción sexual se han encontrado en poblaciones suramericanas, en los países de origen de los insectos como Argentina y Chile. Los machos en las poblaciones de reproducción sexual, se encuentran en menor proporción y son mucho más pequeños en longitud que las hembras (EPPO 2003; Lanteri *et al.* 2002, Peña 2001).

La partenogénesis es un tipo de reproducción asexual en la cual un ovulo o huevo no fecundado es capaz de producir un nuevo individuo sin necesidad de que sea fecundado. Existen varios tipos de partenogénesis, pero los dos mas comunes y estudiados son la telotoquia o formación de hembras a partir de los huevos y la arrenotoquia o formación de machos de forma asexual. La partenogénesis puede ser cíclica ó obligada, siendo la primera por excelencia la que más se presenta, por que al parecer se encuentra mucho mas relacionada con la variabilidad genética y con ello con la adaptabilidad y dispersión de las especies. (Lanteri y Normark 1995)

La partenogénesis está muy relacionada con la colonización de individuos con baja diversidad genética a ambientes específicos, con características como: baja biodiversidad y competencia interespecífica, paisajes homogéneos y condiciones extremas en temperatura o altitud. Estas condiciones se encuentran principalmente en ecosistemas como pastizales, desiertos, páramos y cultivos (Scataglini *eta al.* 2005; Lanteri y Normark 1995). Cuando estas especies son introducidas a ambientes con condiciones favorables para su desarrollo, la falta de controladores naturales puede influenciar la alta dispersión y crecimiento de las poblaciones de estos insectos, lo que fácilmente las convierte en plagas de estos ecosistemas (Scataglini *eta al.* 2005).

Dentro de los insectos, la familia Curculionidae es la que presenta la mayor cantidad de géneros y especies con este tipo de reproducción. Aproximadamente 85 especies conocidas de esta familia presentan reproducción partenogenética y la mayoría se encuentran dentro de la subfamilia Entiminae tribu Naupactini (Lanteri y Normark 1995). Se pueden utilizar dos métodos para determinar la ocurrencia de este tipo de reproducción en una población. Primero, la realización de estudios citogenéticos con las hembras de la población y Segundo, la observación directa del comportamiento en crías artificiales de los insectos (Scataglini *et al.* 2005).

Aunque no existe un patrón morfológico, fisiológico o genético que describa estas especies, es importante recalcar que la mayoría de las hembras partenogenéticas tienen en común la falta de alas metatorácicas o la reducción de éstas y sus músculos (Scataglini *et al.* 2005). Otra característica importante de estas especies, es que se encuentran limitadas a ciertos lugares específicos, que se caracterizan por su baja biodiversidad y por ende baja competencia interespecífica y un paisaje homogéneo, como los son islas, cultivos, páramos y los ecosistemas extremos en temperatura y altitud (Lanteri y Normark 1995).

2.6.4 Comportamiento de Oviposición

Entre los curculionidos existe una gran variedad de comportamientos de oviposición, que están muy relacionados con el tipo de sustrato, el medio ambiente y la morfología del rostro y del ovipositor de las hembras. Con respecto a la morfología del rostro, existen tres formas básicas que se encuentran relacionadas con el hábito de oviposición. La primera son las hembras de rostro delgado y largo (subfamilia Curculioninae), que se caracterizan por realizar agujeros en las superficies de oviposición (tallos, raíces, o frutos), por donde introducen el ovipositor para colocar las posturas, que quedan tapadas con sustrato regurgitado o por suelo (Guedes y Parra 2004, Marvaldi 1999, Cahpman 1998).

Las segunda está compuesta por hembras de rostro pequeño y ancho (subfamilia Entiminae), que no abren huecos en el sustrato, pero buscan lugares cercanos a la planta hospedera de la larva, en donde colocan los huevos individualmente o agrupados por una membrana pegajosa segregada durante la oviposición. La tercera son las hembras que poseen rostro reducido o ausente (subfamilias Scolytinae y Platypodinae). Utilizan un método parecido al anterior, porque por la fisonomía de su rostro no pueden realizar los orificios en los sustratos de oviposición (Guedes y Parra 2004, Marvaldi 1999, Cahpman 1998).

Existen dos tipos de posturas en los curculionidos, el primero son las posturas de tipos brachyderes, las cuales se caracterizan por la presencia de una membrana que adhiere los huevos entre si y con el sustrato, la cual al endurecerse protege y agrupa los huevos de las posturas. Este tipo de postura se encuentra especialmente en las hembras de la subfamilia Entiminae, pero dentro de la subfamilia, es muy variable en cuanto al número de huevos por postura, la forma y morfología externa del huevo y de la membrana que los recubre. El segundo tipo de postura se denomina sitona y contrario a la anterior no posee una membrana que recubre los huevos, sino que éstos son colocados de forma individual ya sea en grupos o al azar encima del sustrato de oviposición (Marvaldi 1999).

2.6.5 Descripción General de Larvas

Las larvas se encuentran por lo general congregadas en la zona radical de las plantas alimentándose de éstas o de los tubérculos. Las larvas de primer ínstar pueden durar semanas sin comer, permaneciendo en latencia hasta que empiece la época de siembra o trasplante del hospedero, dando tiempo suficiente a la larva en segundo y tercer ínstar para alimentarse de las raíces desarrolladas de la planta o del tubérculo formado meses después (Hardwick 2004; Matthiessen y Shackleton 2000; Canchala 1992; Gough y Brown 1991).

El estado larval es el que más dura, presentando de cuatro a once ínstaes dependiendo de la especie, la duración del estado oscila entre siete y doce meses; lo que implica que todas las especies estudiadas hasta el momento poseen una cohorte por año (Scataglini *et al.* 2005; EPPO 2003; Dejager *et al.* 1989).

2.6.6 Hospederos y Daño

Son insectos polípagos por lo que se encuentran como plagas de importancia de aproximadamente 385 especies vegetales (Tabla 1) entre pastos, hortalizas, árboles y flores ornamentales (Maher y Logan 2004; Guedes y Parra 2004; Lanteri *et al.* 2002; Zehnder 1998; Hardwick y Prestidge 1996; Bolaños 1991; Gough y Brown 1991).

El adulto es herbívoro y produce gran daño en las hojas y flores de las plantas reduciendo su viabilidad y crecimiento. Aunque la herbivoría es una prueba de la existencia de la plaga en un cultivo, el daño económico lo realizan las larvas que se comportan como barrenadoras y se alimentan de raíces y tubérculos. Cuando se presentan daños severos en la raíz, se puede producir enanismo, retardo en el crecimiento y amarillamiento de la planta. En el caso de raíces gruesas y tubérculos se producen roeduras superficiales de gran tamaño y profundidad (pero no galerías) por las cuales invaden diferentes patógenos el tubérculo (EPPO 2003; Peña 2001; Zehnder *et al.* 1998).

Tabla 1. Especies vegetales en las cuales se ha reportado *Naupactus* spp. como plaga de importancia agrícola en diferentes países del mundo. Modificado de Canchala (1992).

Hospedero	Nombre científico	Estados que causan daño	Parte afectada de la planta
alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Adulto-larva	Follaje, Raíz, tallo
Algodón	<i>Gossypium</i> spp	Adulto	Follaje
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz, tallo
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Larva	Raíces
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz
Fresa	<i>Fragaria</i> sp	Adulto-larva	Follaje, raíz, tallo
Fríjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz
Haba	<i>Vicia faba</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz, tallo
Kikuyo	<i>Penisetum clandestinum</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz, tallo
Raygrass	<i>Lolium</i> sp.	Adulto-larva	Follaje, raíz
Maíz	<i>Zea mays</i>	Larva	Raíz
Palma africana	<i>Elais quinensis</i>	Adulto	Follaje
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz, tubérculo
Soya	<i>Glicine max</i>	adulto	Follaje
Zanahoria	<i>Dautus carota</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz
Clavel	<i>Cianthus caryophyllus</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz, tallo
Manzano	<i>Malus</i> sp.	Adulto	follaje
Pino	<i>Pinus</i> sp.	Adulto-larva	Follaje, raíz
Kiwi	<i>Actinidia sinensis</i>	Adulto-larva	Follaje, raíz

2.6.7 Tipos de Control

En la actualidad no se tiene un control eficaz contra esta plaga, razón por la cual las actividades realizadas son ineficaces, no sólo por la falta de resultados sino también por el costo económico y ambiental de éstas (EPPO 2003; Matthiessen y Shackleton 2000). Un estudio realizado en Colombia, demostró que el control químico efectuado para el Gusano Blanco con carbofurán es ineficaz contra las larvas de Tiroteador de la Papa. Estas aplicaciones no solo no disminuyen el daño provocado por las larvas de Tiroteador, sino que al disminuir la población de las demás plagas disminuye la competencia interespecifica para éstas larvas, lo que potencialmente puede repercutir en un aumento poblacional del Tiroteador y con ello un aumento en el daño a los tubérculos (Valencia *et al.* 1991).

En Australia y Estados Unidos para el control de estas larvas, se usa un producto altamente tóxico, que se utiliza para el control de nematodos denominado “metam sodium” y en Latinoamérica se utiliza en algunos países un producto muy parecido denominado bromuro de metilo (Matthiessen y Shackleton 2000; Zehnder *et al.* 1998). Para el control de adultos se pueden utilizar productos que tengan como base chlorpirifos (Dursban® y Lorsban®), diazinon y fonofos (Dyfonato, Fonophos). El problema con estos productos, es que no se encuentran registrados para esta plaga lo que no garantiza su éxito. Sumado a esto, el alto costo de los productos y su alta toxicidad para humanos y para el ambiente, ha hecho que en algunos casos salgan del mercado (Zehnder *et al.* 1998).

Dentro de los pocos estudios realizados sobre controles alternativos, se ha demostrado que la biofumigación, que es la utilización de sustancias volátiles obtenidas en raíces y hojas de plantas del género *Brassica*, es eficaz para repeler las larvas por medio de una sustancia alelopática gasificante parecida al compuesto activo del metam sodium (Matthiessen y Shackleton 2000). Dentro de las labores culturales la eliminación de malezas, puede ayudar a reducir los hospederos alternos y sustratos de oviposición de la plaga (Rodríguez 2006; EPPO 2003). Con respecto al control biológico France *et al.* (2000), realizó un estudio en el que se mostró una alta actividad controladora de los hongos entomopatógenos *Metharhizum anisopliae* y *Beauveria* sp, sobre los adultos de los géneros *Aegorhinus*, *Asynonychus* y *Otiorhynchus* en condiciones controladas, pero todavía faltan estudios de especificidad y eficacia de las cepas para control en campo.

2.6.8 El Tiroteador de la Papa en Colombia

El primer reporte de la plaga se realizó en los municipios de Cumbal y Potosí del departamento Nariño en 1983 (Bolaños 1991). En ese tiempo las larvas del Tiroteador se empezaron a distinguir de las del Gusano blanco de la Papa, con las que se solían confundir por el daño ocasionado y por su morfología. Las diferencias entre estas dos larvas se dan en el color de la capsula cefálica, que es más naranja

en las larvas de Gusano Blanco y en el tamaño de las mandíbulas que es mayor en las larvas de Tiroteador de la Papa. Tres años después se reportó ataques de esta plaga en Tunja (Boyacá) (Canchala 1992, Bolaños 1991).

En la actualidad se tiene reportes de la presencia estable de este insecto en varios municipios de Boyacá, Cundinamarca y Nariño y la confirmación del daño económico a agricultores de los municipios de Sibaté, Villapinzón y Taúsa en Cundinamarca (Zuluaga y Espitia 2005, Peña 2001, Bolaños 1991,).

En Colombia sólo existe un estudio sobre la biología de una de los biotipos de Tiroteador que ataca los cultivos de Papa en Nariño, gracias a este estudio se ha determinado que este insecto puede ocasionar daño significativo a otros cultivos del país (Canchala 1992).

Este estudio aunque básico, no tiene relación con las poblaciones de Tiroteador del biotipo encontrado en el altiplano cundiboyasece; no sólo porque morfológicamente pueden distinguirse como diferentes especies, sino también porque las condiciones ambientales y ecológicas de los cultivos no son semejantes, lo que permitiría que se generen diferencias en temporalidad del ciclo y morfometría de los estados, entre otras características.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

3.1 Problema de Investigación

El desconocimiento casi total sobre la biología de esta plaga en Colombia ha llevado al aumento progresivo de ésta en las zonas productoras de Papa, afectando a los agricultores y a la industria de Papa procesada y ha imposibilitado ejercer medidas de control eficaces, que ayuden a disminuir la creciente población del insecto. Adjunto a esto, la confusión existente entre los agricultores en lo que se refiere a morfología externa entre las larvas del Tiroteador y el Gusano blanco, ha llevado a la aplicación reiterada de insecticidas comerciales altamente residuales a base de carbofurán o clorpirifos, sin conocer los hábitos y épocas oportunas de control. Estas aplicaciones no supervisadas, tienen un bajo o regular nivel sobre las larvas de Tiroteador y aumentan el gasto económico para los agricultores y la contaminación del agroecosistema.

3.2 Justificación de la Investigación

El estudio descriptivo de la duración y del ciclo de vida del Tiroteador de la Papa del biotipo encontrado en el altiplano cundiboyacense, es necesario para aumentar el conocimiento sobre esta plaga en Colombia y poder dar bases que ayuden, entre otros componentes, la posterior realización de ensayos en lo que se refiere a ecología, fisiología, genética y manejo integrado de la plaga.

La confirmación de la presencia de este insecto en los municipios de Boyacá y Cundinamarca, muestran el aumento en la población y en la dispersión de esta plaga en los cultivos del altiplano cundiboyacense, lo que justifica la realización de estudios básicos, especialmente en lo que se refiere a duración de los estados, estrategia reproductiva, fecundidad y fertilidad, para iniciar investigaciones sobre el crecimiento, fluctuación y dinámica poblacional del insecto.

Las pérdidas económicas sufridas por algunos agricultores a la hora de la cosecha y el daño producido cuando los niveles de daño ocasionados por la larva al tubérculo sobrepasan los establecidos por el ICA para su uso como semilla, justifican la realización de la descripción de características como la duración, número de instares, morfología y tipo de daño ocasionado por el estado de larva a algunas variedades de importancia cultivadas en el país.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Describir la biología del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. de las poblaciones encontradas en Cundinamarca, por medio de la descripción morfológica y la duración de los estados que presenta durante su ciclo de vida, en condiciones de laboratorio.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la variación morfológica de las posturas y huevos durante su periodo de incubación e incubación.
- Caracterizar en duración y morfología el estado de larva, incluyendo la determinación de los ínstares larvales.
- Identificar el daño realizado por el estado de larva en tres tipos de Papa de alto uso comercial en ambiente de invernadero.
- Caracterizar morfológica y temporalmente el estado de pupa y la fase de melanización.
- Caracterizar en duración, morfología y fisiología el estado de adulto, esperando mostrar las diferencias entre machos y hembras.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Recolección del Material en Campo

Con la finalidad de poseer muestras de los diferentes estados de desarrollo del insecto y asumiendo que éste posee un ciclo de vida muy largo lo que dificultaría seguir una cohorte completa en el laboratorio, se colectaron larvas, pupas y adultos, en las zonas de cultivo del páramo de la Vereda Romeral en el municipio de Sibaté, Cundinamarca, entre los meses de junio del 2005 a enero del 2006.

La captura de adultos y larvas se realizó por dos métodos, dependiendo de la hora del día en que se realizara. El primero correspondió a la colecta diurna, que incluyó la recolección directa de las larvas en el suelo de los cultivos justo después de la cosecha, en muestras de suelo de máximo 40 cm de profundidad (figura 1a). La captura de los adultos se realizó por medio de trampas de paso (figura 1b), éstas consistían en un cartón de 40x40 cm con hojas de papa asperjadas con clorpirifos (Lorsban® al 0.5%) como sebo, la función de la trampa era ofrecer refugio a los adultos en la madrugada e inmovilizarlos para facilitar la captura en la mañana (Zuluaga y Espitia 2005). se colocó un total de 16 trampas en un área de 25 m², éstas se ubicaron cada 5 metros desde el borde hasta el centro del cultivo.

El segundo método de recolección se realizó en las horas de la noche. Consistió en la captura directa de los adultos que se encontraban en la base o en las hojas de las plantas de Papa (Figuras 2a; 2b; 2d), ubicadas en los límites del cultivo junto a los pastizales o en las plantas en las que se observó herbivoría por parte del adulto (Figura 2c). La recolección se realizó específicamente entre las 19:00 y las 22.00 horas, que eran los picos de actividad reportados por Zuluaga y Espitia (2005) para este biotipo.



Figura 1. Captura diurna de larvas y adultos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. en la vereda Romeral, en el municipio de Sibaté. a. Larvas en el suelo después de la cosecha; b. Trampa de paso colocada dentro del cultivo para captura de adultos.

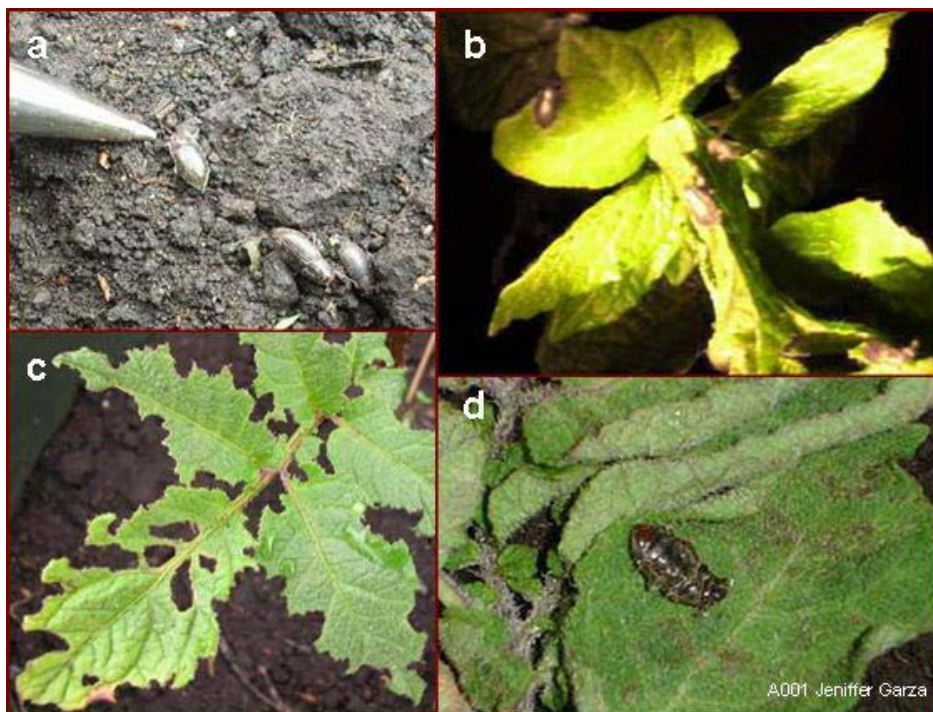


Figura 2. Captura nocturna de adultos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. en la vereda Romeral, en el municipio de Sibaté. a. Adultos en el suelo; b. Adultos en las hojas de Papa en las horas de la noche; c. Daño ocasionado por los adultos en el follaje; d. Adulto fingiendo su muerte sobre hoja de Papa.

Los adultos colectados en campo se colocaron en cajas plásticas de 20x20x10 cm y se les colocó hojas de Papa como alimento y cuatro tallos secos de gramínea de 5 cm de largo como sustrato de oviposición (Canchala 1992), los recipientes se revisaron cada tres días para colectar las posturas y cambiar el alimento. Las larvas y pupas colectadas en campo se instalaron en vasos de 10 onzas con suelo previamente esterilizado y un tubérculo de la variedad Parada Pastusa en brotación para favorecer el ambiente de pupamiento (Maher y Logan 2004; Arévalo y Báez 2000; Canchala 1992).

5.2 Localización del Estudio

Este trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de cría y los invernaderos del programa de Manejo Integrado de Plagas del centro de investigación agropecuaria Corpoica Tibaitata, localizado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca). El estudio del ciclo de vida se realizó durante los meses de junio del 2005 a mayo del 2006, bajo condiciones controladas en un cuarto de cría, el cual se mantuvo con una temperatura promedio de 19.5°C y humedad relativa de 60%-70%.

5.3 Técnicas de Cría

Al no disponer de una metodología de cría reportada para este insecto, se emplearon dos metodologías utilizadas para realizar crías de diferentes plagas de la misma familia. Las diferencias en los tipos de cría, se dieron por el manejo de las larvas, que es el estado en el que se presenta la mayor mortalidad (Maher y Logan 2004; Cano *et al.* 2002; Arévalo y Báez 2000; Navarro 1995; Canchala 1992).

5.3.1 Técnica de Cría 1

Esta técnica se modificó de la utilizada por Arévalo y Báez (2000) y Canchala (1992). En esta técnica se colocaron grupos de 50 larvas recién nacidas en cajas plásticas (Vaniplas®) de 15x15x5 cm (Figura 3a), éstos contenían 4cm de suelo previamente esterilizado y tres tubérculos de la variedad Parda Pastusa como alimento. Los recipientes se revisaron cada 15 días para observar el estado de las larvas y daño en los tubérculos.

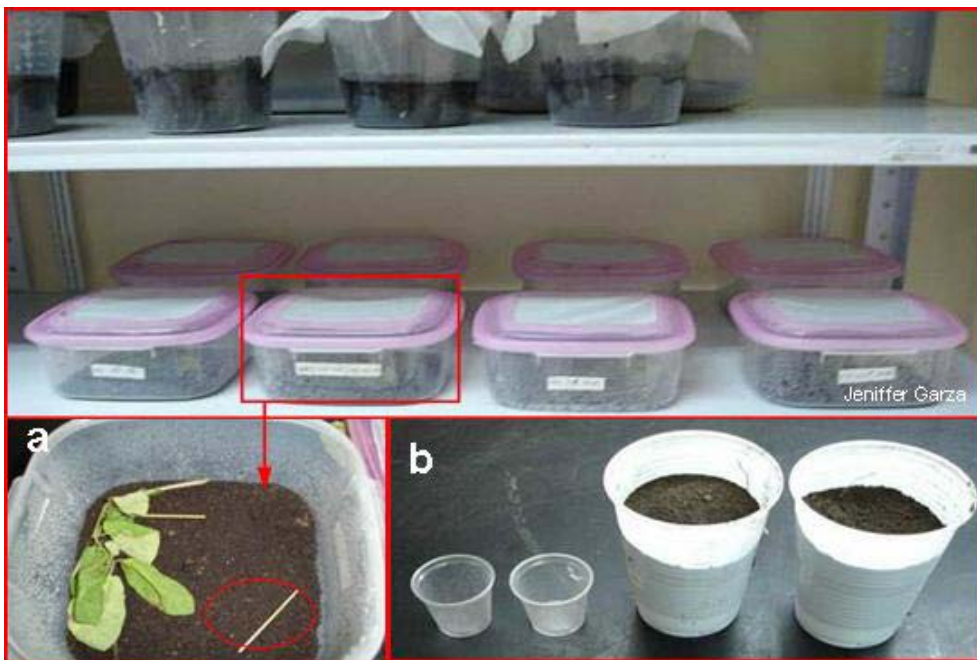


Figura 3. Recipientes utilizados en la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Caja plástica Vaniplas® de 15x15x5 centímetros, con tallo seco de gramínea para oviposición resaltado en un círculo. b. Vasos transparentes de 3 cm de largo por 4 cm de diámetro y de 10 onzas, utilizados para colocar larvas de diferentes tamaños.

Luego de cuatro a cinco meses se recolectaron las larvas sobrevivientes de las cajas plásticas y se ubicaron individualmente en recipientes transparentes de 16 cm de diámetro por 10 cm de alto (Figura 4), éstos se encontraban previamente llenos con 5 cm de suelo esterilizado y con un tubérculo de la variedad Parda Pastusa en

brotación para favorecer el ambiente de pupamiento. Las larvas se colocaron en el borde de los recipientes, para permitir la observación del desarrollo del último ínstar, el estado de pupa y la fase de melanización, sin la necesidad de remover los individuos del suelo.

5.3.2 Técnica de Cría 2

Esta técnica se modificó de la utilizada con el picudo de los cítricos *Compsus n. sp.* (Cano *et al.* 2002) y por Gough y Brown (1991) con las larvas de *N. leucoloma*. Las larvas recién nacidas, se colocaron individualmente sobre cuadrados de tubérculo de 1 cm² ubicados en vasos pequeños de 3 cm de largo por 4 cm de diámetro de color transparente (Figura 3b). Estas larvas se mantuvieron en estos vasos de 15 a 28 días, posteriormente las larvas sobrevivientes se pasaron a vasos de 10 onzas con suelo esterilizada y un tubérculo de la variedad Parada Pastusa como alimento (Figura 3b). Las larvas permanecieron en los vasos hasta los seis meses vida, luego fueron transferidas a los recipientes transparentes utilizados en la técnica de cría 1 para la observación de la pupa (Figura 4).

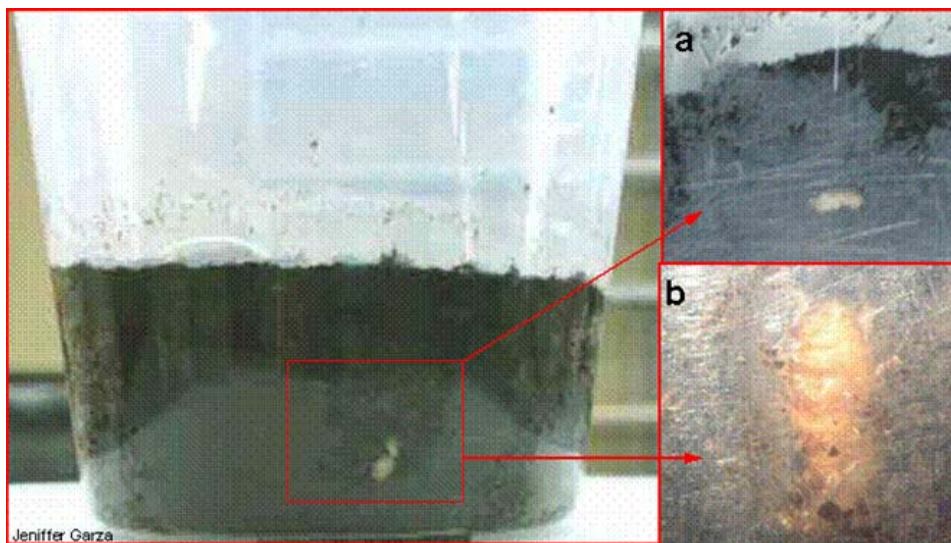


Figura 4. Recipiente transparente de 16 cm de diámetro por 10 cm de alto, utilizado para el mantenimiento y observación del estado de pupa del Tiroteador de la Papa *Naupactus sp.* a. Pupa en el borde del recipiente; b. Adulto melanizando en el borde del recipiente.

5.4 Ciclo de Vida

Se realizaron un total de seis seguimientos: dos para el estado de adulto, uno para el estado de huevo, dos para el estado de larva y uno para el estado de pupa, también se realizaron dos ensayos para observar el comportamiento de alimentación del estado de larva. En cada uno se registró diferentes variables cualitativas y cuantitativas, a las cuales se les procedió a realizar la estadística descriptiva y en algunos casos específicos el análisis de varianza con el programa MINITAB 14.1[®].

5.4.1 Estado de Adulto

5.4.1.1 Seguimiento 1. Descripción morfológica e identificación de sexos

Se observaron 150 individuos (100 capturados en campo y 50 obtenidos en la cría), sacrificados en una cámara letal con acetato de etilo durante 40 minutos. Luego se numeraron para proceder a la observación y medición de las variables morfológicas, que según algunos autores muestran las diferencias entre machos y hembras en diferentes especies de curculionidos (Marvaldi y Lanteri 2005, Rowena *et al.* 2002; Lanteri *et al.* 2002; Barrat y Kuschel 1996).

VARIABLES CUANTITATIVAS:

- Largo del cuerpo en milímetros tomado desde el comienzo del rostro hasta el final de los élitros y ancho del cuerpo tomado en la base de los élitros (Barrat y Kuschel 1996)
- Tamaño en milímetros de antenas, rostro y patas (Marvaldi y Lanteri 2005).
- Número de artejos de las antenas y fórmula tarsal (Lanteri *et al.* 2002, Marvaldi y Lanteri 2005).

Variables cualitativas:

- Tipo, forma y color de patas, Uñas tarsales, rostro, pronoto, antenas, ojos y aparato bucal (Marvaldi y Lanteri 2005; Barrat y Kuschel 1996).
- Forma, tamaño y número de esternitos del abdomen (Barrat y Kuschel 1996, Arévalo y Báez 2000, Rowena *et al.* 2002).

Después de tener la descripción morfológica completa de los individuos, se realizó la disección de los insectos para identificar el sexo de cada uno, por medio de la observación de su aparato reproductor (Scataglini *et al.* 2005; Rowena *et al.* 2002; Lanteri 1981). Después de tener la descripción del aparato reproductor, se comparó los resultados obtenidos con las descripciones morfológicas para poder identificar un patrón visible de características externas que identifiquen los dos sexos.

5.4.1.2 Seguimiento 2. Tipo de Reproducción, Fecundidad y Fertilidad

Para los ensayos de fecundidad y fertilidad los adultos obtenidos en la cría se dividieron en dos grupos. El primero estaba compuesto por 20 hembras vírgenes, que se utilizaron para comprobar la ocurrencia de la partenogénesis como estrategia reproductiva (Scataglini. *et al.* 2005; Lanteri *et al.* 2002; Lanteri y Normark 1995). El segundo grupo fueron tres parejas escogidas de acuerdo a las diferencias en la longitud del cuerpo, que son las indicadas según Londoño (2005), para diferenciar el sexo en este biotipo. En estas parejas el individuo identificado como macho era aproximadamente 5 mm mas pequeño que la hembra y se marcó en el élitro derecho con un marcador plateado (Staedtler®).

Los adultos vírgenes se colocaron en recipientes transparentes de 10 cm de diámetro por 5 cm de alto con suelo en la base, una hoja de Papa como alimento y un tallo seco de de gramínea de 5 cm de largo como sustrato de oviposición (figura 5b). Las parejas se colocaron en recipientes transparentes (Vaniplast®) de 7x7x5cm con la tapa perforada y tapada con muselina blanca para permitir el flujo de aire a

los individuos, al igual que las hembras vírgenes también se les colocó suelo, una hoja de Papa y un trozo de tallo seco de gramínea (Figura 3a).

Las tallos secos se cambiaron diariamente para observar la presencia de posturas y determinar el periodo de preoviposición, la frecuencia y cantidad de posturas que colocaron las hembras en cada uno de las estrategias reproductivas (partenogénesis y reproducción sexual) (Guedes y Parra 2004, Maher y Logan 2004). Se midió la fecundidad total, que es el total de huevos colocados por una hembra durante toda su vida y la tasa de fecundidad neta, que es la cantidad de huevos por hembra por día. La fertilidad se tomó como el número de larvas nacidas con relación al total de huevos colocados durante toda la vida de la hembra (Maher y Logan 2004; Canchala 1992; Reyes y Notz 1992).



Figura 5. Recipientes utilizados en la cría básica del Tirothead de la Papa *Naupactus* sp. a. Caja de petri con postura y larvas en el interior; b. Recipiente transparente de 10 cm de diámetro por 5 cm de alto utilizado para colocar hembras vírgenes, con tallo seco de gramínea para oviposición resaltado en un círculo rojo.

5.4.2 Estado de Huevo

Las posturas obtenidas por día se colocaron durante 10 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 10% para la desinfección. Posteriormente se colocaron en cajas de petri de plástico de 15 cm de diámetro, sobre papel de filtro, que fue humedecido cada tres días con 5 gotas de agua destilada (Figura 5a) (Maher y Logan 2004). Se escogieron 100 posturas colocadas entre los meses de enero a febrero del 2006, a las que se les observó cada 3 días el cambio gradual de las variables durante el periodo de incubación.

VARIABLES CUANTITATIVAS:

- Duración en días desde la puesta hasta la eclosión de las larvas (Cano *et al.* 2002; Canchala 1992).
- Cantidad de huevos por postura (Maher y Logan 2004; Cano *et al.* 2002). En este caso solo se contaron las posturas que tuvieran máximo dos capas de huevos y que no estuvieran recubiertas por una gruesa membrana.
- Largo y ancho en milímetros del huevo y de las posturas (Guedes y Parra 2004; Marvaldi 1999; Cano *et al.* 2002; Canchala 1992).

VARIABLES CUALITATIVAS:

- Presencia o ausencia de una membrana o sustancia que reúne los huevos en grupos compactos (Guedes y Parra 2004; Canchala 1992).
- Color de los huevos y la membrana (Marvaldi 1999; Canchala 1992).
- Ubicación y cantidad de las posturas en el tallo seco de gramínea de 5 cm, teniendo en cuenta que se pueden ubicar en los extremos o en el medio de ésta y dentro o fuera de la misma (Guedes y Parra 2004).

5.4.3 Estado de Larva

Para los siguientes ensayos y seguimientos que incluyen la descripción morfológica, la duración, la determinación de los ínstares y la descripción de los comportamientos alimenticios del estado, se utilizaron las larvas obtenidas en la cría entre los meses de junio del 2005 a mayo 2006 y las larvas capturadas en campo entre agosto del 2005 y febrero del 2006. Tanto las larvas utilizadas para determinar los ínstares larvales como las larvas utilizadas para las descripción morfológica, se preservaron sometiéndolas primero a agua caliente y luego en alcohol y finalmente se colocaron en recipientes de vidrio, para permitir su futura observación (Cano *et al.* 2002).

5.4.3.1 Seguimiento 1. Duración y determinación de ínstares larvales

Las larvas recién nacidas se dividieron proporcionalmente en las dos técnicas de cría expuestas anteriormente, con el fin de obtener la mayor cantidad de larvas que completaran el estado y permitieran calcular la duración en días hasta la formación de la pupa y la relación entre la edad y el tamaño del cuerpo de las larvas (Canchala 1992; Gough y Brown 1991).

La determinación de los ínstares larvales se realizó por medio de una regla morfométrica denominada la Ley de Dyar, la cual asume que el aumento en el tamaño de las estructuras esclerotizadas de un individuo, muestran el cambio de instar de los estados inmaduros en los insectos. En este caso se tuvo en cuenta el largo y ancho en milímetros de la capsula cefálica y de la mandíbula derecha de 403 larvas. Estas dos estructuras al ser las más esclerotizadas de la larva, son las que poseen un tamaño constante durante el instar y solo incrementan su tamaño cuando ocurre la muda (Dejager *et al.* 1989; Daly 1985).

Análisis Estadístico de la Ley de Dyar

La determinación de los de los instares está dada por la interpretación de los picos obtenidos en un histograma de frecuencia, realizada con los datos observados para la variable o variables medidas a la larva, en el cual, la cantidad de picos indican la cantidad de instares (Daly 1985). En este caso, se procedió a realizar los histogramas de frecuencia de las cuatro variables, para después escoger cuáles de las cuatro graficas mostraban más claramente los picos y por ende serían las que podrían describir los instares larvales.

Después de haber realizado los histogramas, se efectuaron dos análisis discriminantes, para poder definir cuál de las variables era la más apta para describir los instares larvales (Zenner de Polonia y López 1977). El primer análisis fue la comparación entre los coeficientes de variación (CV) de cada uno de los instares por variable. El segundo análisis, que fue una correlación entre las variables escogidas y las variables ancho y largo del cuerpo.

Luego de los dos análisis realizados, se estableció cual de las cuatro variables era la que describía claramente los ocho instares larvales, por su baja variación entre instares y su alta correlación con el tamaño de la larva. Para finalizar el análisis, se realizó un test de significancia de la Ley de Dyar denominado, Comprobación de la regla de Dyar. Esta regla de Dyar, afirma que cuando se grafica en escala logarítmica las medias de los instares, se debe obtener una línea recta, lo que demuestra que la estructura medida y por ende la larva siguen una progresión logarítmica en su desarrollo; por el contrario si se grafica las media en escala lineal se debe obtener una línea curva (Reyes y Notz 1992; Daly 1985). Para este test se realizaron dos plots por variable, uno relacionando la media de cada instar en función del número de instares a escala lineal y otra en escala logarítmica.

5.4.3.2 Seguimiento 2. Descripción morfología del estado

Las siguientes variables se observaron a 100 larvas previamente conservadas, 40 de obtenidas en campo y 60 de diferentes edades obtenidas en la cría.

Variables cuantitativas:

- Largo y ancho de la larva en milímetros (Canchala 1992).
- Número de segmentos (Marvaldi 1997;Canchala 1992).
- Largo y ancho de mandíbulas y cápsula cefálica (Marvaldi 1998,1997).

Variables cualitativas:

- Color del cuerpo, la cabeza, las mandíbulas y las maxilas (Marvaldi 1998, 1997).
- Forma del cuerpo y mandíbulas (Marvaldi 1998,1997).

5.4.3.3 Ensayo 1. Comportamiento de Larvas de Primer Ínstar

Para las larvas de primer ínstar, se comprobó dos comportamientos básicos que fueron. a) Si la búsqueda del tubérculo en esta etapa, está guiada por la acción de la gravedad o guía geotáctica (Navarro 1995) y b) Cuál es el tiempo mínimo que son capaces de sobrevivir las larvas sin alimento dentro del suelo (Matthiessen y Shackleton 2000, Gough Y Brown 1991).

Para demostrar el primer comportamiento, se colocó en uno de los extremos de un recipiente transparente de 15x15x5 cm, dos tubérculos de tamaño medio de la variedad Parda Pastusa y a 10 cm en sentido horizontal de los tubérculos se colocaron 20 larvas recién nacidas (Figura 6). Luego de 15 días se revisaron 5 de las 10 repeticiones realizadas, con el fin de comprobar algún indicio de daño por parte de las larvas, las 5 repeticiones restantes se revisaron 22 días después (Navarro 1995).



Figura 6. Ensayo de búsqueda geotáctica del alimento en condiciones controladas, por parte de las larvas recién eclosionadas del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp.

Para la observación del segundo comportamiento, se colocaron 15 larvas recién nacidas, sin alimento, en una caja de perla transparente llena de suelo cernido y esterilizado. Este ensayo se repitió 10 veces, 5 repeticiones se revisaron 15 días después de haber colocado el ensayo y las 5 restantes se revisaron a los 22 días. Durante las dos revisiones se procedió a buscar la totalidad de las larvas y observar si existían cambios en el tamaño de los individuos (Matthiessen y Shackleton 2000; Gough y Brown 1991).

5.4.3.4 Ensayo 2. Comportamiento y Daño de Larvas en Tres Tipos de Papa

Los estudios de comportamiento de larvas se realizaron entre los meses de diciembre del 2005 a mayo del 2006 en condiciones semi-controladas en uno de los invernaderos del programa, a una temperatura promedio de 20.01°C.

Diseño experimental

Se examinó el daño realizado por 30 larvas (Tratamiento 1) a tres genotipos de papa (Tratamiento 2) que fueron: la variedad Diacol Capiro, variedad Parda Pastusa

y especie Papa Criolla, por medio de un diseño de Bloques Completamente al Azar con dos tratamientos (Tabla 2). El experimento se llevó a cabo en tres bloques, en los cuales se distribuyó al azar, en grupos de 10 plantas por bloque, las 30 plantas o unidades experimentales que formaban el total de material estudiado.

De las 30 plantas se escogieron 15 (5 por genotipo) como control y 15 a las que se les colocaron las 30 larvas (Tratamiento 1). Para lograr el objetivo de este ensayo se colectó en campo un total de 500 larvas entre los 6 y 10 mm de longitud, que se colocaron dos meses después de haber sembrado la semilla de cada una de los tipos de Papa.

Tabla 2. Diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con dos tratamientos, para la observación del daño de las larvas de Tiroteador *Naupactus* sp. a las plantas de tres genotipos tipos de Papa.

	Tratamiento 2. Tipo de Papa			
Tratamiento 1	Parda	Diacol-	Criolla	Total
No. de larvas	Pastusa	capiro		
30 Larvas	5	5	5	15
Control	5	5	5	15
Total	10	10	10	30

La semilla de cada una de las tres variedades se seleccionó de acuerdo a su tamaño y estado de madurez, escogiendo semillas con varios brotes apicales y de tamaño mediano; de 4 a 6.9 cm en las variedades Pastusa y Diacol Capiro (Santos y Segura 2005) y de 2 a 4 cm en la especie Criolla (Sánchez 2003). Cada una de las semillas se sembró en baldes de 40 cm de profundidad por 60 cm de diámetro.

Las plantas se dejaron crecer durante un periodo de 56 días (dos meses), antes de colocar las larvas a cada planta. Luego de 28 días (un mes) de haber colocado las larvas, se procedió a la extracción de las plantas para medir las variables. Éstas se dividieron en tres tipos teniendo en cuenta que el daño producido por las larvas no solo se ve reflejado en los tubérculos, también pueden producir daños sistémicos retardando o dañando los sistemas de crecimiento de raíces y del área foliar.

1. Variables para el daño realizado al área foliar (hojas y tallo)

- Numero de hojas y tallos (Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).
- Tamaño promedio en milímetros de hojas y tallos (Santos y Segura 2005).
- Peso en fresco en miligramos (antes del secado en el horno a 75°C por 72 horas) y peso en seco en miligramos (después del secado en el horno a 75°C por 72 horas) de las hojas y tallos (Canchala 1992, Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).

2. Variables para el daño realizado a la raíz

- Tamaño en milímetros de la raíz principal (Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).
- Numero de estolones (Hereda *et al.* 2000).
- Tamaño del daño y porcentaje de este con respecto al tamaño total de la raíz o del estolón (Sánchez 2003).
- Peso en fresco en miligramos (antes del secado en el horno a 75°C por 72 horas) y peso en seco (después del secado en el horno a 75°C por 72 horas) de la raíz (Canchala 1992, Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).

3. Variables para el daño realizado a tubérculos

- Numero de tubérculos afectados y porcentaje de daño con relación al total de tubérculos por planta (Sánchez 2003).
- Diámetro de los tubérculos (Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).
- Numero de roeduras por tubérculo.
- Peso en fresco en miligramos (antes del secado en el horno a 75°C por 72 horas) y peso en seco (después del secado en el horno a 75°C por 72 horas) del tubérculo (Canchala 1992, Sánchez 2003, Santos y Segura 2005).

Análisis de la información

Para cada variable se tomó como unidad respuesta, el promedio de los resultados obtenidos para las plantas del control y las plantas con larvas. Después de obtener los resultados por genotipos, se realizó un análisis de varianza ($P < 0.05$) para cada variable, para determinar cuales variables eran las mas significativas al mostrar las diferencias entre el control y el tratamiento para los tres materiales evaluados y si estas coincidían en los tres tipos.

Se escogieron las variables más significativas que poseían en común los tres genotipos de Papa y con ellas se realizaron dos análisis de varianza ($P < 0.05$), una con los resultados de las plantas del control y otra con los resultados de las plantas del tratamiento con larvas, con el fin de mostrar si hay diferencias significativas en el daño ocasionado en los tres genotipos de papa y si esto significa que existe susceptibilidad por parte de alguno.

También se observó si existía un comportamiento específico del estado de larva o pupa que este relacionado con la profundidad en la suelo. Para esto, cada balde que contenía larvas se dividió en cuatro estratos: de 0 a 10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm y 30-40 cm. El suelo removido de cada estrato se paso por un tamiz (3x3 mm), luego se recolectó y contó el número de larvas muertas, larvas vivas, pupas y adultos (Niño *et al.* 2004).

Como complemento al ensayo de daño realizado en el invernadero, se realizó un ensayo bajo condiciones controladas en la cría, para observar y medir el daño producido por las larvas a los tubérculos de los tres genotipos de papa. Para esto se realizó un Diseño Completamente al Azar con dos tratamientos. El primer tratamiento fue el número de larvas por tarro y se dividió en grupos de cinco y diez larvas y el segundo tratamiento fueron los tres genotipos de papa. Se obtuvo un total de 30 unidades experimentales, que consistían en un tarro que contenía un tubérculo de cada uno de los genotipos estudiados (10 tarros por genotipo). Los tarros se dividieron en dos grupos (cinco por tratamiento), al primero se le colocó el

tratamiento de 5 larvas y al segundo se le aplicó el tratamiento de 10 larvas por tarro (Tratamiento 1).

Las larvas se dejaron durante 28 días, luego se extrajeron los tubérculos y se observó las diferencias en el nivel de daño sobre el tubérculo, medido como el número de huecos o roeduras realizadas al tubérculo. Después se realizaron dos análisis de varianza ($P < 0.05$), uno con los resultados obtenidos con el tratamiento de cinco larvas y el otro con los resultados obtenidos con el tratamiento de diez larvas.

Tabla 3. Diseño experimental de Completamente al Azar con dos tratamientos, para la observación del daño de las larvas de Tiroteador *Naupactus* sp. a los tubérculos de tres genotipos tipos de Papa.

Tratamiento 1 Larvas por tarro	Tratamiento 2. Tipo de Papa			
	Parda Pastusa	Diacol-capiro	Criolla	Total
5 Larvas	5	5	5	15
10 Larvas	5	5	5	15
Total	10	10	10	30

5.4.4 Estado de pupa

Se observó el cambio gradual de las variables desde larva de último ínstar hasta la culminación de la melanización del adulto de 80 pupas.

Variabes cuantitativas:

- Duración en días de la fase de pupa y de la fase de melanización del adulto recién emergido (Canchala 1992; Reyes y Notz 1992).
- Tamaño en milímetros de la cámara pupal y de la pupa (Marvaldi 1997; Canchala 1992; Reyes y Notz 1992).

Variables cualitativas

- Descripción en color y forma de la pupa (Canchala 1992, Reyes y Notz 1992).
- Presencia de tecas de las alas, mandíbulas y patas (Marvaldi 1997).
- Descripción de los cambios sucesivos en color de los adultos en melanización y de los adultos recién emergidos (Canchala 1992; Reyes y Notz 1992).

6. RESULTADOS

6.1 Captura del Material en Campo

Se realizaron cuatro salidas de campo durante los meses de junio del 2005 a febrero del 2006, en las que se recogieron un total de 300 adultos y 2.000 larvas. Luego de cinco meses la mayoría de los adultos capturados en campo empezaron a morir disminuyendo en un 60% la cantidad de posturas, tres semanas después se obtuvo una mortalidad del 100% de los adultos.

Las posturas recogidas de los recipientes con adultos se desinfectaron y se llevaron a cajas de petri hasta el día de su eclosión, luego las larvas se dividieron de forma equitativa entre las dos técnicas de cría, para poder tener material suficiente para los seguimientos del estado de larva y de pupa. Las larvas capturadas en campo se dividieron entre los ensayos de comportamiento y el análisis morfométrico realizado para la determinación de los instares larvales (Tabla 4).

Tabla 4. Total de larvas de la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. y su distribución en los seguimientos y ensayos del estado.

Origen	total	Destino
Campo	2.000	807 Total larvas muertas
		343 Determinación instares larvales
		500 Ensayo comportamiento de alimentación en invernadero
		300 Ensayo comportamiento de alimentación cría
		50 Obtención de pupas
Cría	8.667	8.000 Técnicas de crías I y II (4.000 cada una)
		667 Ensayos de comportamiento del primer instar

La mayor mortalidad en la cría básica del Tiroteador de la Papa, se presentó en los estados de larva y pupa. El primer estado, obtuvo una mortalidad total del 60% de los individuos capturados en campo, especialmente los que se encontraban entre los 7-11 mm de longitud, que morían en el paso de larva a pupa, lo que redujo

drásticamente la cantidad de larvas de los últimos instares a los que se les midió las variables para la aplicación de la Ley de Dyar y la cantidad de pupas y adultos en la población en la cría.

El 30% de los adultos capturados en campo fueron atacados por un hongo entomopatógeno, que fue determinado por el Laboratorio de Control Biológico del C.I. Tibaitata de Corpoica, como *Beauveria* sp. El encontrar este hongo en la cría, obligó a la desinfección y cambio de varios de los recipientes utilizados y el sacrificio de aproximadamente 50 individuos que estuvieron en contacto con los adultos contaminados, para evitar la propagación del hongo en la cría.

6.2 Técnicas de Cría

La cría del estado de larva no fue exitosa, se presentó una mortalidad del 98% en las primeras semanas de vida de las larvas, en especial con la segunda técnica de cría, en la cual murió el 99% de los individuos. La alta mortalidad de los primeros instares dificultó la determinación de los instares larvales y no permitió sacar la relación entre la edad en semanas y el tamaño de las larvas, para individuos de todas las edades hasta el final del estado, sólo se pudo determinar esta relación para un total de 60 larvas con no más de 20 semanas de vida (Tabla 5).

La alta mortalidad de larvas y pupas obtenida en la cría estuvo muy relacionada con el ataque de bacterias y ácaros contaminantes (Figura 7), pero el estrés provocado por la alta manipulación, también fue un factor importante relacionado con la muerte de estos estados.

Solo 32 larvas de las 100 que sobrevivieron más de cuatro meses, completaron todo el ciclo hasta adulto (0.4% de la población inicial), a éstas se le sumaron 48 larvas de mas de 8 mm de largo colectadas en campo, para observar los cambios graduales de las variables morfológicas de estado de pupa y de la fase de melanización de 80 individuos.

Tabla 5. Relación largo y ancho del cuerpo, de las mandíbulas y de la capsula cefálica con la edad en semanas de 60 larvas obtenidas en la cría básica.

Larvas medidas	semanas	Cuerpo		Mandíbulas		capsula cefálica	
		ancho	largo	ancho	largo	ancho	largo
10	0	1,39	0,30	0,23	0,13	0,13	0,24
5	1	1,60	0,32	0,26	0,16	0,16	0,27
2	2	1,80	0,33	0,33	0,19	0,19	0,31
2	3	2,00	0,39	0,38	0,26	0,26	0,34
1	4	2,20	0,44	0,43	0,33	0,33	0,38
2	5	2,89	0,48	0,45	0,34	0,34	0,42
4	6	3,40	0,66	0,56	0,46	0,46	0,58
2	7	3,80	0,70	0,58	0,50	0,50	0,65
4	8	4,10	0,79	0,61	0,51	0,51	0,70
2	9	4,60	0,88	0,63	0,54	0,54	0,79
3	10	5,35	0,99	0,68	0,58	0,58	0,88
2	11	5,78	1,05	0,70	0,60	0,60	0,99
3	12	6,06	1,12	0,73	0,61	0,61	1,04
4	13	6,82	1,19	0,75	0,65	0,65	1,17
2	14	7,31	1,26	1,76	0,67	0,67	1,26
2	15	7,60	1,30	0,77	0,68	0,68	1,30
2	16	7,90	1,34	0,80	0,70	0,70	1,50
2	17	8,19	1,39	0,83	0,72	0,76	1,40
2	18	8,98	1,45	0,92	0,78	0,88	1,54
2	19	9,98	1,48	1,00	0,84	0,95	1,62
2	20	10,30	1,60	1,10	0,90	1,00	1,68

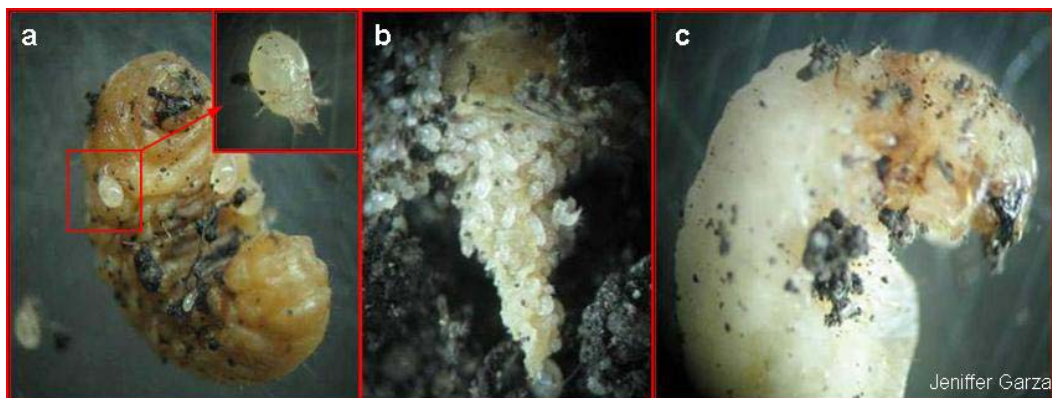


Figura 7. Ataque por ácaros y bacterias a los estados de larva y pupa en la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. ácaros sobre larva muerta; b. ataque de ácaros a pupa; c. Muerte de larva aparentemente por ataque de bacterias.

De las 80 pupas solo se obtuvo un total de 65 adultos en la cría, de éstos el 26% murieron en los primeros tres meses de vida, dejando un total de 40 adultos que se utilizaron en los seguimientos para determinar el tipo de reproducción, fecundidad y fertilidad de la especie. En aproximadamente el 15% de las muertes de los adultos se observó mal formaciones en las alas y patas, lo que pudo estar relacionado con su muerte.

De las 40 hembras vírgenes sobrevivientes, seis se colocaron en parejas para observar si existía el tipo de producción sexual. 20 hembras colocaron huevos cada cuatro días durante toda su vida, ocho colocaron posturas sin continuidad en el tiempo y con un máximo de 11 posturas durante toda su vida, razón por la cual no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los seguimientos de fecundidad y fertilidad. Las seis hembras restantes no colocaron huevos sin ser copuladas y al no salir más individuos morfológicamente parecidos a machos, no se colocaron en pareja, dejándolas apartadas durante todo el ciclo.

En conclusión, sólo se realizó el análisis de 10.814 huevos colocados en 562 posturas, puestas por 20 hembras vírgenes durante toda su vida (Tabla 6). Durante la observación de las posturas se presentaron dos tipos de daño que ocasionaron la pérdida de algunos huevos. Muerte por hongo, que afectó un total de 464 huevos (4%) y muerte por deshidratación que afectó un total de 303 (3%) huevos, para un total de 767 huevos muertos (7%).

Tabla 5. Numero de huevos, posturas y larvas eclosionadas por hembra y por el total de las 20 hembras vírgenes estudiadas en la población obtenida en la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp.

Numero de Hembras	No Posturas	No Huevos	No Eclosionadas
Una	28	541	458
veinte	562	10814	9158

La baja mortalidad por parte de hongos en las posturas se logró gracias a la estandarización de un método de desinfección. Para determinar el tiempo que se debían dejar las posturas en hipoclorito de sodio al 10%, se realizó un preensayo con las posturas obtenidas en la cría con los adultos de campo, en el cual, se colocaron tres posturas durante cuatro tiempos diferentes: 5, 10, 15 y 20 minutos; luego se dejaron en las cajas de Petri y se observó los cambios sufridos en las siguientes cuatro semanas.

Las posturas que solo se dejaron 5 minutos en hipoclorito, eran atacadas por un hongo, contrario a lo que pasaba con las posturas colocadas en los tres tiempos restantes, pero los huevos de las posturas que se dejaron 15 y 20 minutos presentaron una fertilidad del 61% y 56% respectivamente, mostrando que la alta exposición de los huevos al hipoclorito de sodio, puede influir en la eclosión de las larvas. Tendiendo en cuenta lo anterior y observando que todas las posturas dejadas por 10 minutos en hipoclorito, no eran afectadas por el hongo y permitían la eclosión de un número mayor de larvas, se decidió que este era el tiempo de desinfección más eficaz.

6.3 Ciclo de Vida

El ciclo de vida completo del Tiroteador de la Papa, del biotipo que se encuentra en los cultivos del altiplano Cundiboyacense, dura en promedio 319 días desde el inicio del huevo hasta la primera postura del adulto y pasa por cuatro estados que son huevo, larva, pupa y adulto (Anexo 1). En la Tabla 7 se observa la duración promedio y el rango de cada uno de los estados. El estado de adulto se dividió en tres fases: la primera fue la fase de melanización, el segundo la duración en días hasta la primera postura (periodo de preoviposición) y la tercera fase fue la longevidad completa.

Tabla 7. Duración de los cuatro estados del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. del altiplano Cundiboyacense, bajo condiciones controladas (19.5°C 60-70% humedad)

Estado	N	Duración en días		Coeficiente variación
		Promedio	Rango	
Huevo	100	32	20 - 46	18.6
Larva	32	210	175 - 230	6.4
Pupa	70	27	21 - 34	10.4
Adulto				
Melanización	65	15	12 - 18	9.6
Preoviposición	20	35	21 - 52	23.9
TOTAL		319	249-380	
Longevidad Adulto	28	167	141 - 204	6.2

6.3.1 Estado de adulto

Después de la descripción y disección de 150 individuos, se determinó que el 100% eran hembras con diferencias de tamaño entre 4,0 – 9,5 mm de largo, por lo que no se pudo establecer la proporción de sexos y sólo se realizó la descripción morfológica de las hembras.

6.3.1.1 Descripción morfológica de hembras

El tamaño promedio de las hembras es de $7,2 \pm 1,2$ mm (error estándar: 0,7) de largo por $5,5 \pm 1,1$ mm (error estándar: 0,16) de ancho, no posee alas metatorácicas y tanto las élitros como el pronoto y la cabeza son de color negro brillante (Figura 9a). Sus antenas son geniculadas y de 4,6 mm de largo, están formadas por un escapo de aproximadamente 1,8 mm de largo, un funículo constituido por ocho artículos y la porra final compuesta por cuatro segmentos unidos (Figura 8b). La inserción antenal está delante del ojo aproximadamente en la mitad de la longitud del rostro.

Posee una cabeza de tipo prognatha y un rostro corto y ancho de $2,3 \text{ mm} \pm 0,1$ (Error estándar: 0,02) de largo, su aparato bucal es de tipo Adelognathous, es decir que las maxilas son alargadas por el prementon. Posee ojos marcadamente convexos y redondos (Figura 8a). Sus patas son de 7 mm de largo, el ápice de la tibia posee mucro y la formula tarsal aparentemente es 3-3-3, posee dos uñas tarsales libres pero unidas en la base (Figura 8c). Los élitros poseen franjas longitudinales realizadas por puntos profundos que solo son observables con aumento (Figura 9a). El abdomen es café oscuro con vellosidades más claras, posee cuatro esternitos y aparentemente los dos primeros se encuentran fusionados (Figura 9b).

Algunas hembras murieron con el aparato reproductor por fuera del abdomen, facilitando su observación (Figura 10a). Al realizar la disección y observar el aparato reproductor femenino al estereoscopio, se pudo distinguir que posee un largo y delegado oviscapto que ocupa aproximadamente $\frac{3}{4}$ del tamaño total del abdomen (Figura 10b) y se caracteriza por poseer dos puntas o hemisternitos con vellosidades en los extremos (Figura 10c).

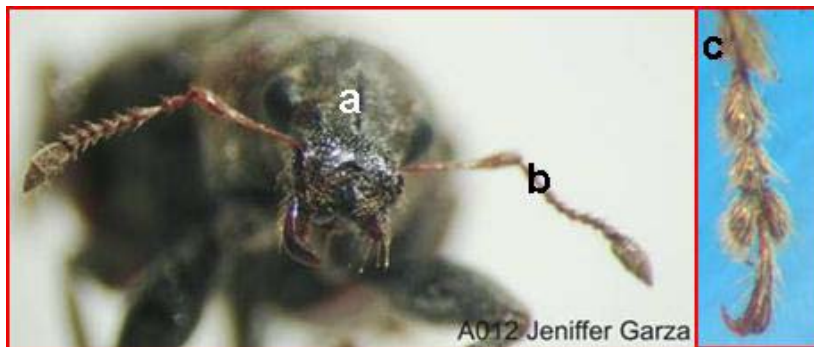


Figura 8. Cabeza y tarsos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Ojos; b. Antena geniculada; c. Tarsos y uñas tarsales.

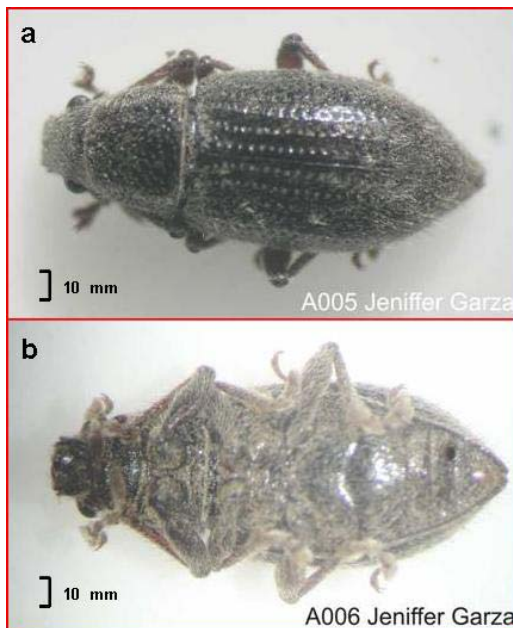


Figura 9. Morfología externa del cuerpo del adulto hembra de *Naupactus* sp. a. Vista dorsal; b. Vista ventral.



Figura 10. Morfología externa de la genitalia femenina del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Hembra con ovipositor expuesto; b. oviscapto c. hemisternitos terminales del oviscapto.

6.3.1.2 Estrategias reproductivas y hábitos de oviposición

Las tres parejas ubicadas en un principio para observar si existía la reproducción sexual, presentaron en promedio el doble de posturas con relación a las hembras vírgenes, pero la disección de los individuos marcados como machos, demostró que los tres individuos eran hembras. El resultado de la disección, demuestra que el aumento en el número de las posturas estaba relacionado con el aumento en el número de hembras por caja.

Se comprobó la ocurrencia de la partenogénesis por telitoquia como estrategia reproductiva, es decir que las hembras producen de forma partenogenética huevos que al eclosionar las larvas, éstas se desarrollan en futuras hembras. Las hembras partenogenéticas colocaron posturas con promedio de $1,6 \pm 0,7$ mm (error estándar 0.07) de largo. El 90% de las posturas poseían dos capas de huevos, el 10% restante poseían más de dos capas, lo que imposibilitó el conteo de los huevos en estas posturas. El 98% estaban cubiertas por una membrana de color cristalino que reunía y adhería fuertemente los huevos entre sí y con el sustrato en el que se encontraban. Esta membrana era en sus primeros días cristalina y se fue tornando de color amarillo oscuro y de una apariencia más gruesa y carnosa en los días próximos a la eclosión.

Por lo general la membrana era delgada (Figura 11a), pero algunas posturas poseían una gruesa capa de esta sustancia, formando un tapón en uno o en ambos extremos de la postura e imposibilitando el conteo de los huevos (Figura 11c). Las masas de huevos se colocaron en su mayoría dentro de los tallos secos en uno o ambos extremos de éstos. Se encontró un 8% de las posturas colocadas sobre los tallos de las gramíneas o de las hojas de papa adheridos a éste por acción de la membrana (Figura 11b).

Una postura posee en promedio 26 huevos (mínimo 18 y máximo 60), todos de forma oval y con tamaño promedio de $0,8 \pm 0,008$ mm (error estándar: 0.008) de largo por $0,4 \pm 0,008$ mm (error estándar: 0.008) de ancho, de éstos eclosionaron las larvas entre 20 a 46 días después de ser colocados (Figura 12a). Los huevos

recién puestos presentaron una coloración cristalina, la cual se tornó blanco crema al pasar tres a cuatro días. Transcurrido seis días los huevos tomaron una coloración amarilla crema, la cual en algunos huevos permaneció hasta el día de la eclosión de las larvas y en otros se oscureció hasta tornarse color naranja o marrón. Aproximadamente cinco a siete días antes de la eclosión de las larvas se empezó a distinguir un punto café o rojo en uno de los extremos de los huevos, que correspondió a las mandíbulas de las larvas próximas a nacer (Figura 12b).

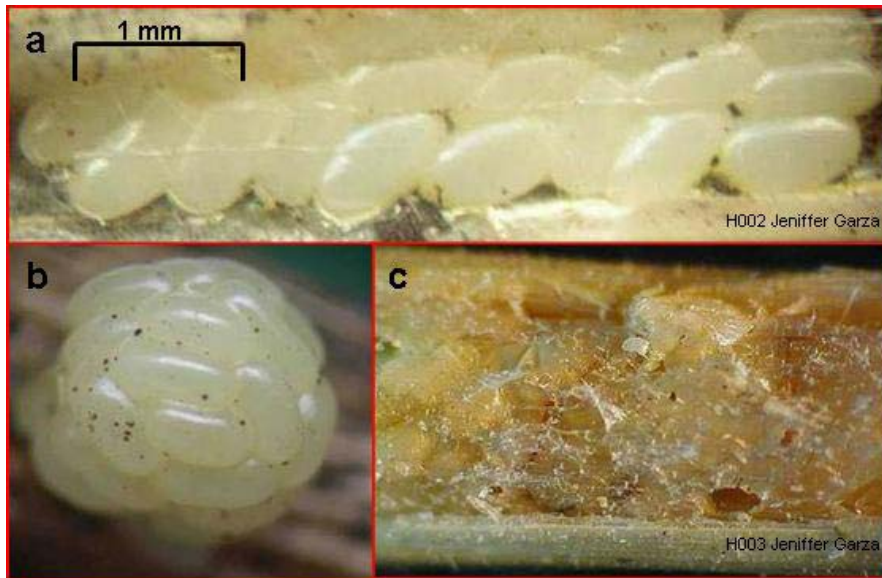


Figura 11. Tipos de posturas encontrados en la población de la cría básica del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. a. Postura con doble hilera de huevos y membrana delgada; b. Postura no tan común expuesta fuera del trozo de tallo seco de gramínea y con membrana delgada; c. Postura de cuatro hileras de huevos y membrana gruesa.

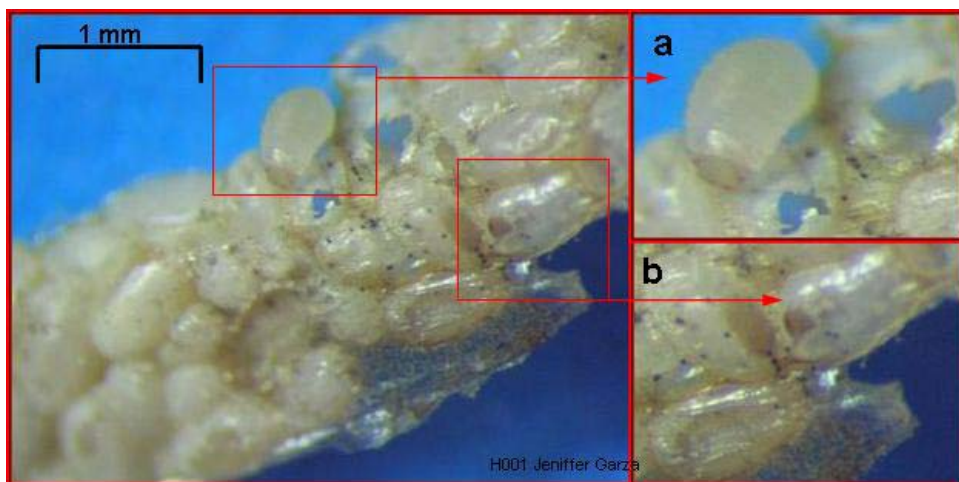


Figura 12. Proceso de eclosión de las larvas en la cría básica de *Naupactus* sp. a. Larva saliendo del huevo; b. diferenciación de las mandíbulas de las larvas prontas a eclosionar.

6.3.1.3 Fecundidad y fertilidad

Las hembras vírgenes poseen una fecundidad total de 541 huevos (CV: 47,1%), colocados en 28 posturas (mínimo 25 y máximo 30) (Tabla 6) y su tasa de fecundidad neta (número de huevos/hembras/día) fue de 3 huevos por día. Los huevos infértiles se reconocieron porque poseían un color blanco perla desde el tercer día de ovipositados y éste no cambió durante todo el periodo de incubación. El total de huevos infértiles fue de 889 huevos (8%), dejando como resultado un total de 9.158 huevos eclosionados, que es igual a una fertilidad del 92% para las hembras vírgenes en condiciones controladas.

Las hembras colocan su primera postura a los 35 días (CV: 23,9%) después de emerger del suelo y ponen una postura cada cuatro días durante toda su vida. Existió un aumento casi exponencial en la cantidad de huevos desde la primera postura hasta llegar a un pico hacia el día 95 de su vida, después disminuyó la cantidad de huevos y de posturas llegando a un punto (147 días aproximadamente) donde dejan de colocar posturas y mueren (Figura 13).

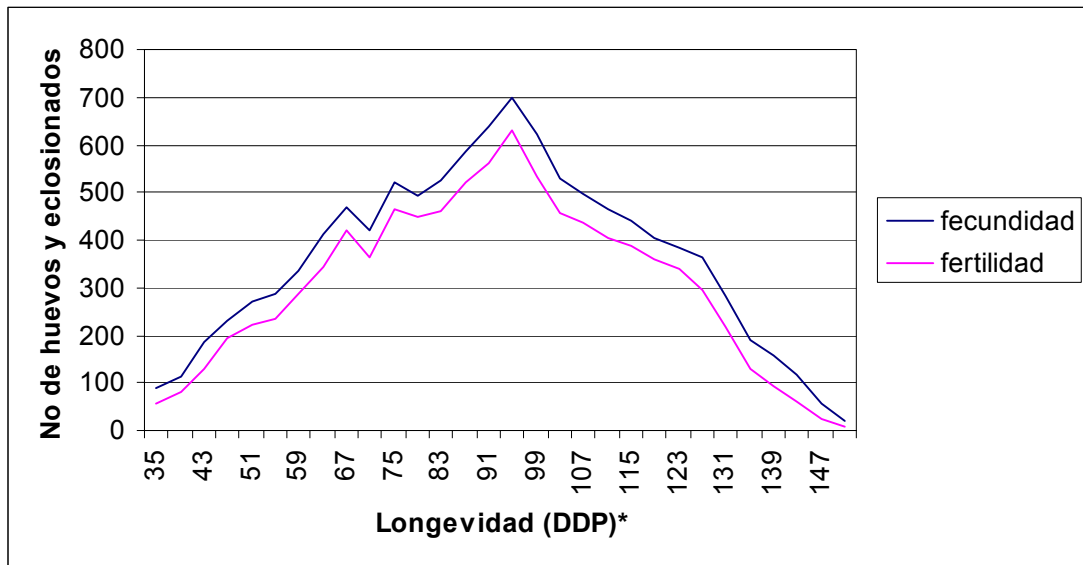


Figura 13. Relación fecundidad y fertilidad, con respecto a la duración del ciclo de oviposición de la hembra, medido como número de días después de la primera postura. *Días después de la primera postura (después del día 35 cada 4 días)

6.3.2 Estado de Larva

6.3.2.1 Determinación del número de ínstares larvales

Luego de medir las cuatro variables a 403 larvas, se procedió a realizar los histogramas de frecuencias para cada una de ellas. Solo las variables largo de la mandíbula (Figuras 14) y ancho de la capsula cefálica (Figura 16), mostraron claramente ocho picos. Por el contrario las graficas correspondientes a las variables ancho de la mandíbula (Figura 15) y largo de la capsula cefálica (Figura 17), no presentaron con claridad los picos, por lo que no se tuvieron en cuenta a la hora de discernir cuál de las variables se escogería para describir los ínstares larvales.

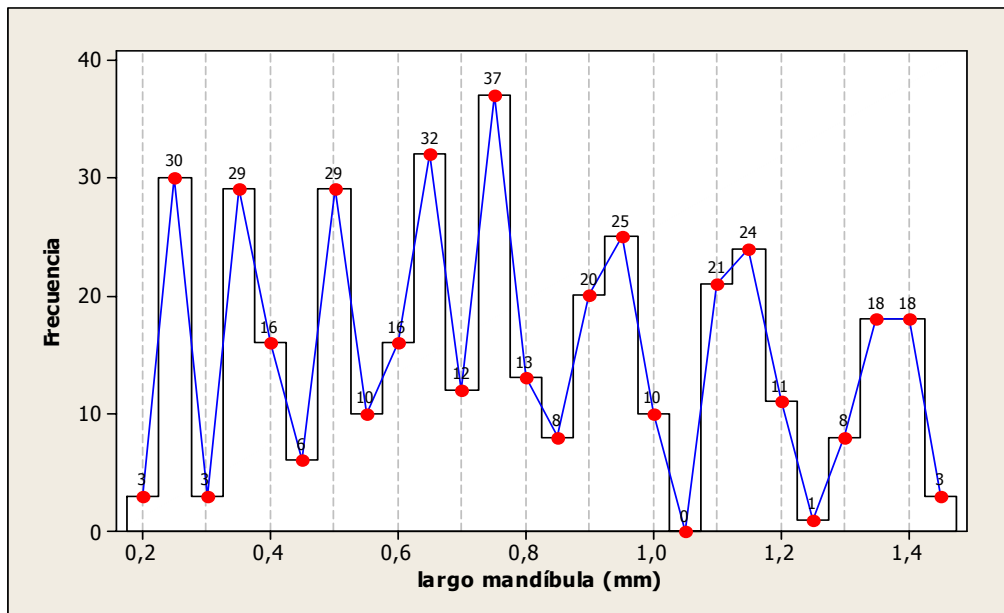


Figura 14. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del largo de una de las mandíbulas de 403 larvas de *Naupactus* sp.

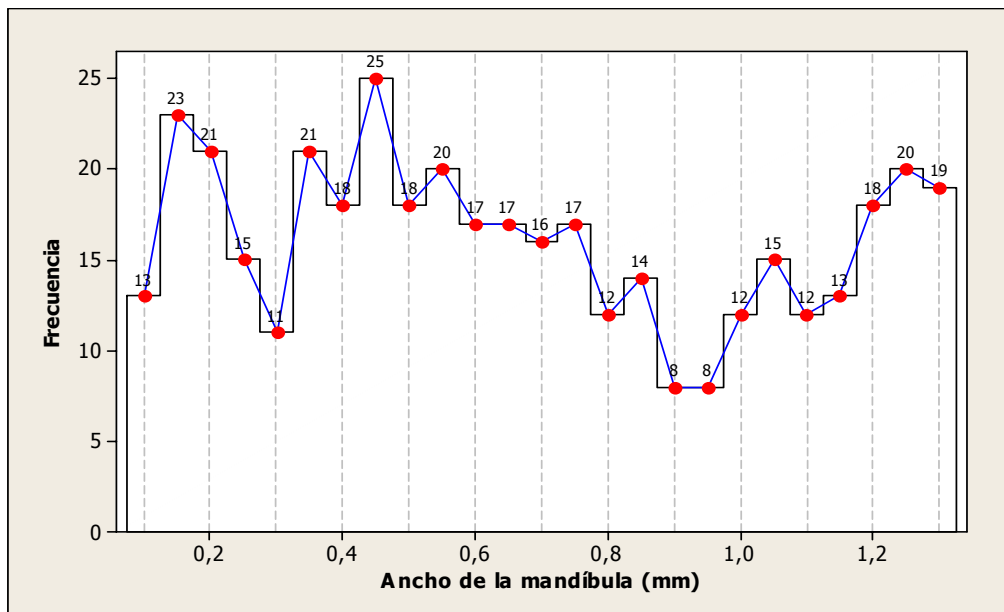


Figura 15. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de una de las mandíbulas de 403 larvas de *Naupactus* sp.

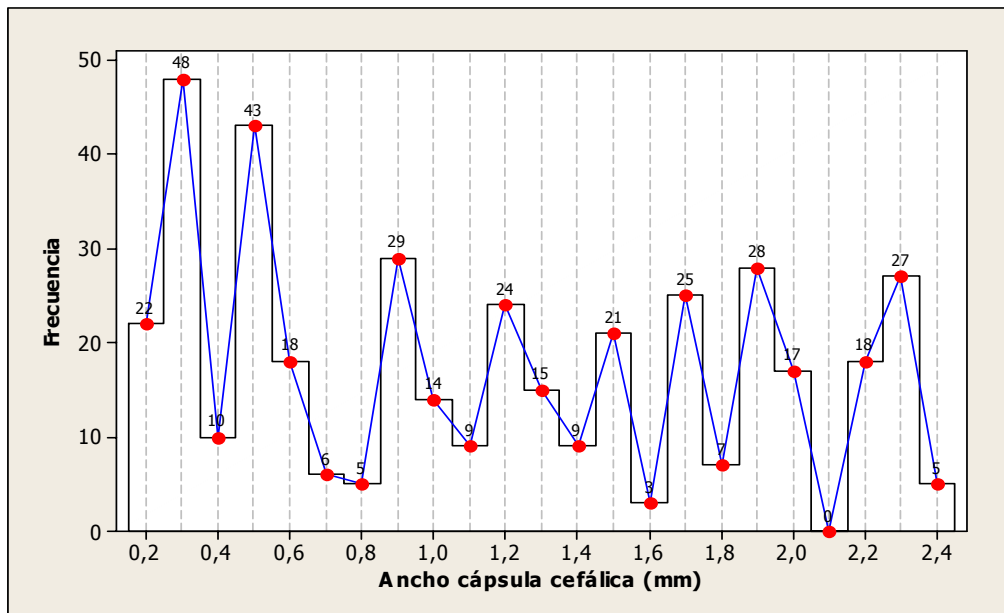


Figura 16. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de la cápsula cefálica de 403 larvas de *Naupactus* sp.

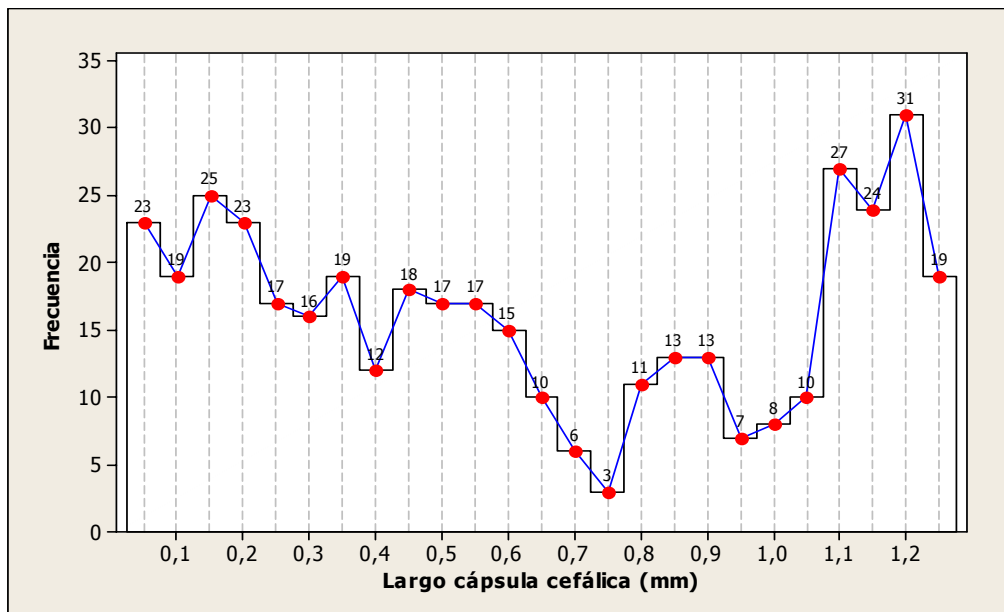


Figura 17. Histograma de frecuencias obtenido después de la medición del ancho de la cápsula cefálica de 403 larvas de *Naupactus* sp.

Con el fin de determinar cuál de las dos variables que mostraban claramente ocho picos, sería la que determinaría los ocho instares larvales del biotipo, se realizaron

dos análisis, primero se realizó una comparación entre coeficientes de variación (CV) de las dos variables (Tabla 8), luego se realizó una matriz de correlación, entre las variables y las dos variables descriptivas de longitud y ancho de la larva (Figura 18).

Tabla 8. Relación de los coeficientes de variación para las variables largo de la mandíbula y ancho de la capsula cefálica en cada uno de los ocho instares larvales obtenidos para el Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp.

- Longitud promedio (mm).

Variable	N	Long Prom. (mm)*	MIN	MAX	%CV
Ínstar I					
Ancho Cápsula		1,7	1,3	3	10,54
Largo Mandíbula	33	1,4	1,4	1,7	6,41
ínstar II					
Ancho Cápsula	47	3,12	2,3	3,4	3,84
Largo Mandíbula	32	1,9	1,4	2	4,52
ínstar III					
Ancho Cápsula	34	5,0	4,6	6,1	3,39
Largo Mandíbula	32	2,9	1,7	3,3	2,99
ínstar IV					
Ancho Cápsula	32	7,1	7,9	9,7	2,56
Largo Mandíbula	38	4,3	3,3	5,3	2,16
Ínstar V					
Ancho Cápsula	22	8,9	6,1	9,9	12,1
Largo Mandíbula	40	6,7	3	7,6	1,77
Ínstar VI					
Ancho Cápsula	27	9,98	9	11	1,5
Largo Mandíbula	35	9,4	6,8	10,2	1,91
Ínstar VII					
Ancho Cápsula	33	10,9	10,1	13,6	1,7
Largo Mandíbula	34	10,8	10,4	11,3	1,6
Ínstar VIII					
Ancho Cápsula	30	12,8	10,5	13,9	1,32
Largo Mandíbula	42	13,4	12,3	13,9	1,32

	Cu. Largo	Cu. Ancho	Ma. Largo
Cu. Ancho	0,985 0,000		
Ma. Largo	0,929 0,000	0,922 0,000	
CC. Ancho	0,826 0,000	0,807 0,000	0,763 0,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value			

Figura 18. Matriz de correlación entre las variables, Largo de la mandíbula (Ma. largo), Ancho de la capsula cefálica (CC ancho), largo del cuerpo (Cu largo) y ancho del cuerpo (Cu ancho).

Los resultados de los dos análisis mostraron, que aunque las dos variables son altamente significativas a la hora de describir la variación total existente en el estado de larva, la variable largo de la mandíbula fue la que presentó los coeficientes de variación mas bajos para la mayoría de ínstares larvales y además obtuvo los valores de correlación mas grandes, por lo que se utilizó para establecer el numero de ínstares larvales en el biotipo.

Aunque ya se había decidido cual de las variables se iba a utilizar para describir los ínstares, se procedió a realizar el test de significancia de la ley de Dyar (Regla de Dyar) a las dos variables, para observar si alguna cumple con la regla, que propone que las partes esclerotizadas de la larva crecen linealmente si se grafican las medias de los ínstares a escala logarítmica, es decir que presentan un crecimiento logarítmico (Daly 1985).

Para esta comprobación se realizaron dos plots por variable, mostrando la media para cada ínstar en función del número de ínstares (Anexo 2). La diferencia entre los dos plots estaba dada, por la escala en la que se mostraba la media por ínstar, el primer plot mostró los resultados a escala lineal y en el segundo los mostró a escala logarítmica.

Los resultados obtenidos en los plots indicaron que al parecer ninguna de las dos variables cumple con exactitud la regla de Dyar, pero la gráfica a escala logarítmica obtenida con los datos de la variable largo de la mandíbula muestra una tendencia mas lineal (Figura 19) que la gráfica obtenida con la variable ancho de la capsula cefálica.

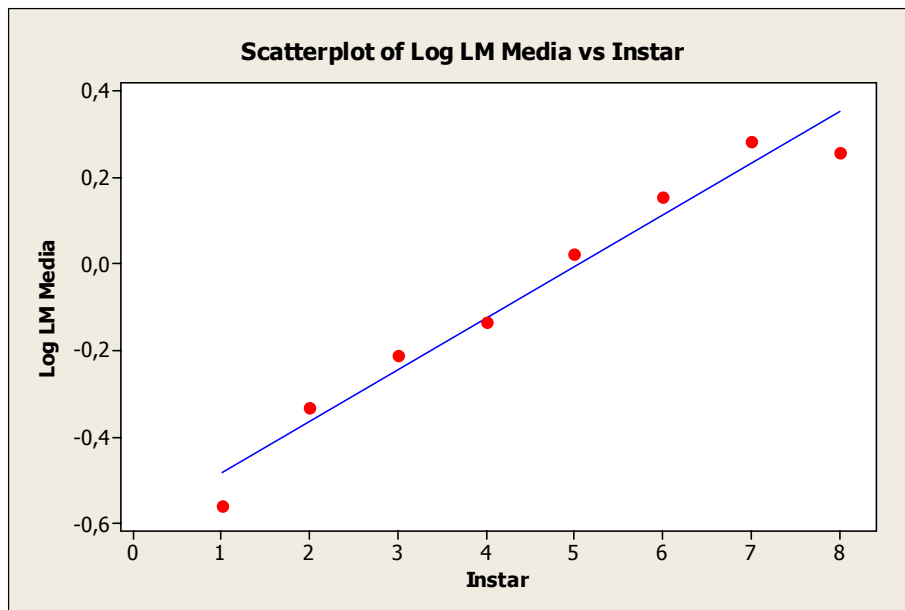


Figura 19. Plots a escala logarítmica de la variable lago de la mandíbula.

6.3.2.2 Descripción morfológica del estado de larva.

Todas las larvas sin importar su edad son apodas y eucéfalas con cuerpo cilíndrico y ligeramente corbado en forma de "u". Poseen 11 segmentos (Figura 20a), todos con su respectivo espiráculo y área pedal. Antes del pronoto o primer tergito dorsal anterior del abdomen, se distingue claramente la cabeza, en la cual se distingue claramente las mandíbulas (Figura 20d) y la capsula cefálica (Figura 20b), ésta en los ínstares mayores puede estar cubierta casi hasta la mitad por el pronoto, lo que dificulta su observación y medición. También se distinguen otras estructuras como el clípeo (Figura 20c) y las antenas, en vista ventral se reconoce las maxilas (Figura 20e) y el labium (Figura 20f).

La larva es de color blanco crema en los primeros ínstares, este color puede permanecer durante todo el estado u oscurecer a amarillo crema en algunas larvas de último ínstar. La capsula cefálica es de color blanco y se distingue porque posee las líneas laterales y las suturas resaltadas y distinguibles. Las mandíbulas son altamente esclerotizadas, pueden ser de color café oscuro y en algunos casos color rojo o naranja oscuro y se caracterizan por tener dos puntas finales claramente distinguibles (Figura 20d).

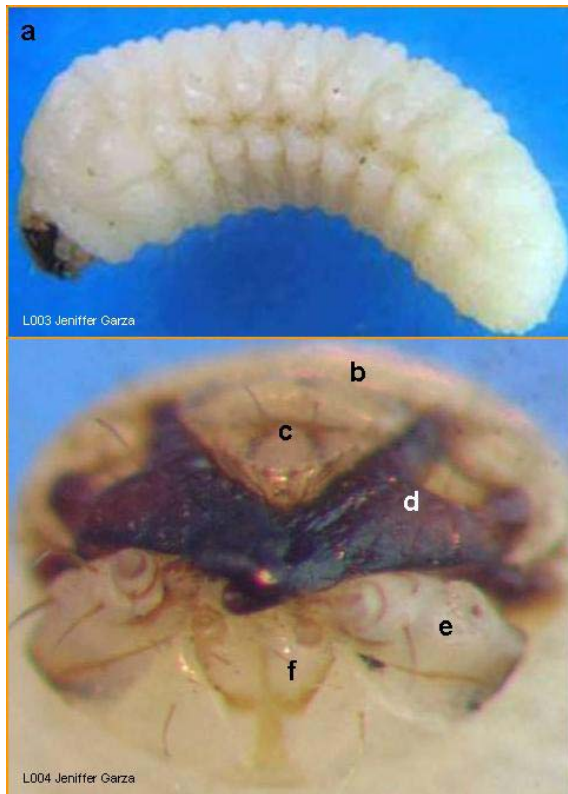


Figura 20. Morfología externa de la larva de *Naupactus* sp. a. Cuerpo completo; b. Vista frontal larva capsula cefálica; c. Vista frontal larva clípeo; d. Vista frontal larva mandíbulas; e. Vista frontal larva maxilas f; Vista frontal larva labium

6.3.2.2 Descripción de los Ínstares Larvales

De acuerdo a los resultados obtenidos con la variable largo de la mandíbula se describieron ocho ínstares (Figura 21). También se pudo obtener la edad en

semanas de las larvas hasta el ínstar seis (Tabla 9), gracias a la relación entre los resultados de largo de la mandíbula por ínstar y los datos de edad y tamaño de las 60 larvas obtenidas en la cría, mostrados anteriormente en la Tabla 4.

Tabla 9. Descripción de largo y ancho del cuerpo, mandíbulas, y cápsula cefálica para cada uno de los ocho ínstares larvales y edad de los primeros seis ínstares, del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp del altiplano Cundiboyacense.

ínstar larval	No Larvas	edad semanas	cuerpo		capsula cefálica		mandíbulas	
			longitud	ancho	largo	ancho	largo	ancho
1	33	1,5	1,43 ± 0,013	0,30 ± 0,003	0,10 ± 0,004	0,28 ± 0,015	0,24 ± 0,002	0,14 ± 0,004
2	32	3	1,88 ± 0,021	0,45 ± 0,003	0,20 ± 0,060	0,50 ± 0,125	0,36 ± 0,002	0,37 ± 0,066
3	32	5	2,93 ± 0,117	0,64 ± 0,008	0,37 ± 0,054	0,70 ± 0,087	0,45 ± 0,003	0,45 ± 0,043
4	38	8	4,30 ± 0,117	0,83 ± 0,042	0,46 ± 0,015	0,97 ± 0,034	0,64 ± 0,002	0,59 ± 0,027
5	40	12	6,68 ± 0,129	1,20 ± 0,011	0,55 ± 0,014	1,21 ± 0,043	0,75 ± 0,002	0,74 ± 0,017
6	35	18	9,71 ± 0,098	1,48 ± 0,013	0,80 ± 0,003	1,49 ± 0,060	0,95 ± 0,003	0,94 ± 0,027
7	34		10,80 ± 0,044	1,68 ± 0,005	1,09 ± 0,013	1,83 ± 0,040	1,14 ± 0,003	1,10 ± 0,019
8	42		13,44 ± 0,066	1,94 ± 0,042	1,20 ± 0,008	1,99 ± 0,092	1,37 ± 0,005	1,16 ± 0,037

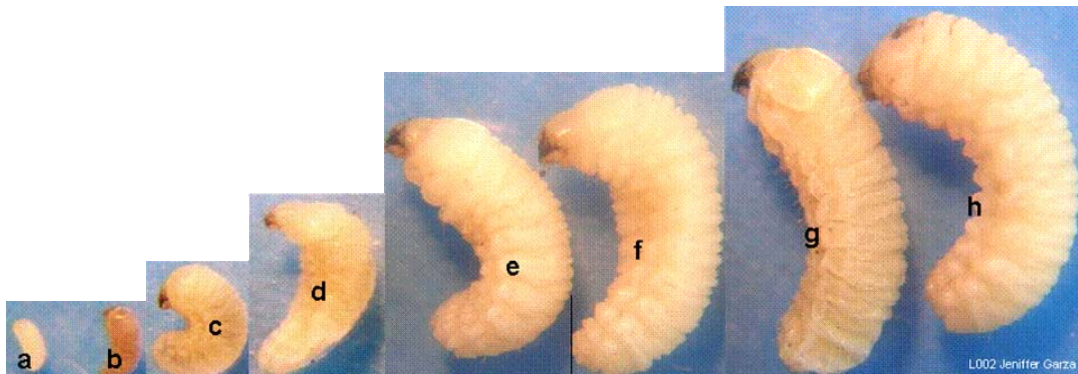


Figura 21. Ínstares larvales obtenidos por la Ley de Dyar para el Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. del altiplano Cundiboyacense a. Primero b. Segundo c. Tercero d. Cuarto e. Quinto f. Sexto g. Séptimo h. Octavo.

Las larvas de los tres primeros ínstares larvales, no se pueden observar en el suelo, si éste no se encuentra cernido y sin la ayuda de una lupa solo las larvas desde el

cuarto ínstar son distinguibles en campo. Las larvas de todos los instares son muy móviles, pero su movimiento disminuye a medida que la larva aumenta de tamaño, las larvas de los últimos instares se caracterizan por que aumentan sus movimientos, específicamente mueven los últimos segmentos abdominales de forma circular para poder empezar la formación de la cámara pupal.

6.3.2.3 Comportamiento del Primer Ínstar

El 36 % de las larvas que se dejaron sin alimento durante un periodo de máximo 22 días, sobrevivieron. De las 54 larvas encontradas tres se desarrollaron hasta el estado de pupa y una hasta el estado de adulto. La mayoría de las larvas que sobrevivieron fueron recuperadas a los 15 días, pero 16 larvas habían sobrevivido 22 días sin alimento y median entre 2,09-2,15 mm lo que evidenció el paso de ínstar sin necesidad de alimentarse.

Con respecto a los comportamientos de búsqueda del alimento, se comprobó por medio de la observación directa del daño (Figura 22), que las larvas de primer ínstar se demoran mínimo 15 días en encontrar los tubérculos colocados a 10 cm en sentido horizontal, demostrando que las larvas pueden encontrar los tubérculos sin ayuda de la gravedad (guía geotáctica), sino que probablemente se guían por otras señales emitidas por el hospedero.

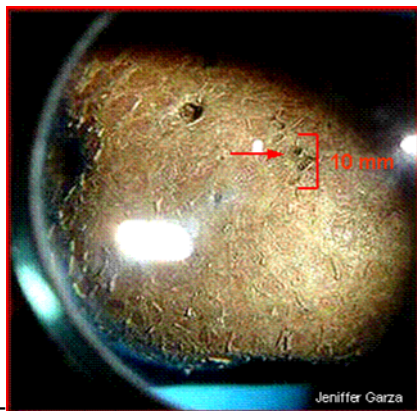


Figura 22. Daño típico de larvas del primer ínstar del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. en tubérculo de la variedad Parda Pastusa, observado con lupa.

6.3.2.4 Descripción de Daño Ocasionado por la Larva a Diferentes Tipos de Papa

Se observó que la larva ocasiona dos tipos de daño; uno en forma de orificios que varían de profundidad de acuerdo a la longitud de la larva (Figura 23a) y el segundo en forma de roeduras superficiales no mas profundas de 2 mm, pero que en casos severos al sobreponerse puede formar caminos sobre el tubérculo (Figura 23b). Los daños se observaron en los tubérculos de las dos variedades estudiadas y de la especie Papa Criolla (Figuras 25a, 26a, 27a). También se evidenció el daño producido por las larvas a los tubérculos de la variedad sabanera (Figura 24)

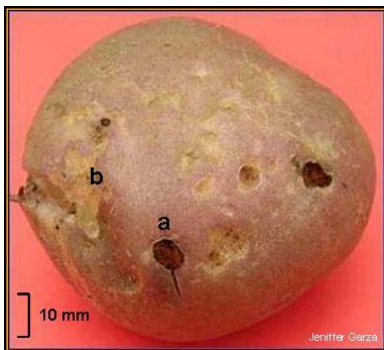


Figura 23. Diferentes tipos de daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a tubérculo de la variedad Diacol Capiro a. Roeduras superficiales superpuestas en forma de camino; b. Orificio de profundidad igual a la longitud de la larva.



Figura 24. Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a tubérculo de la variedad sabanera.

Se observó un daño físico sobre los tallos subterráneos en los tipos de Papa Criolla, Dicaol Capiro y Pastusa, específicamente roeduras de diferentes longitudes sobre la

parte del tallo que quedaba cubierto por la suelo y los estolones (Figuras 25b; 26b y 27b.). El daño más severo se observó en la especie Papa Criolla, con cuatro plantas afectadas de cinco y un promedio de área afectada por tallo de $54,11 \pm 12,2$ mm (Tabla 10).

Tabla 10. Daño promedio ocasionado por larvas de Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. Sobre la parte subterránea del las plantas de tres genotipos de Papa.

	Criolla			Parda Pastusa			Diacol Capiro		
	Total	Afectado	%	Total	Afectado	%	Total	Afectado	%
planta 1	7,0	5,5	78,6	11,0	3,0	27,3	8,0	2,5	31,3
planta 2	5,0	1,5	30,0	15,0	5,5	36,7	7,2	2,0	27,8
planta 3	7,0	2,1	28,6						
planta 4	5,8	4,6	79,3						
promedio	6,2	3,4	54,1	13,0	4,3	32,0	7,6	2,3	29,5



Figura 25 Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la variedad Parda Pastusa. a. Daño a tubérculo b. Daño a tallo subterráneo .



Figura 26. Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la variedad Diacol Capiro. a. Daño a tubérculo b. Daño a estolón.

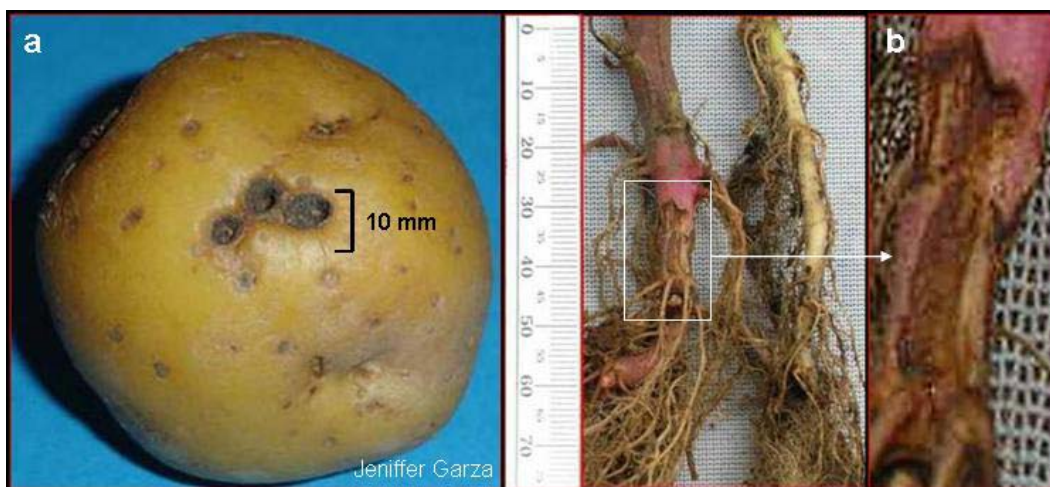


Figura 27. Daño ocasionados por las larvas de *Naupactus* sp. a la zona radicular de la especie Papa Criolla. a. daño a tubérculo b. daño a tallo subterráneo.

Al realizar los análisis de varianza por variable en cada uno de los tipos de Papa, para observar si existían diferencias estadísticas entre las doce variables mediadas, se encontró los siguientes resultados:

Criolla: (Anexo 3). Se determinó que no existe diferencias estadísticas en las variables largo del tallo ($p = 0,714$) y largo de la hoja ($p = 0,068$). Las demás variables fueron significativas, especialmente las variables: peso raíz ($p = 0,001$);

peso seco raíz ($p = 0,006$); peso de la parte aérea (0.28); peso seco de la parte aérea ($P = 0.009$); largo de la raíz ($p = 0,006$); y peso seco tubérculos ($p = 0,009$).

Parda Pastusa: (Anexo 4), no existieron diferencias estadísticas en las variables número de tubérculos ($p = 0.766$) y largo del tallo ($p = 0.327$), de las demás variables, las más significativas fueron: peso de la raíz ($p = 0.011$); peso seco de la raíz ($p = 0.018$); peso de la parte aérea ($p = 0.008$); peso seco de la parte aérea ($p = 0.018$); largo de la raíz ($p = 0.006$) y diámetro de los tubérculos ($p = 0.004$).

Dicaol capiro: (Anexo 5) las variables que no fueron aceptadas por su baja significancia fueron: número de tubérculos ($p = 0.058$). De las restantes las que presentaron mayor significancia fueron: peso raíz ($p = 0.005$); peso seco raíz ($p = 0.006$); peso de la parte aérea ($p = 0.001$); peso seco parte aérea ($p = 0.002$); largo de la raíz ($p = 0.005$); peso de los tubérculos ($p = 0.009$) y diámetro de los tubérculos ($p = 0.003$).

Se determinó que las cinco variables más significativas que los tres tipos poseían en común eran: largo de la raíz, peso en fresco y seco de la raíz, peso en fresco y seco de la zona aérea (hojas y tallos). Con estas variables se realizaron dos análisis de varianza (Anexo 6), entre los tres tipos de Papa estudiados, uno con los resultados del tratamiento y otro con los resultados del control.

Los resultados de los dos análisis de varianza mostraron una alta significancia ($P = 0.00$), entre el tratamiento ($F_{14-60} = 272.1$, $P < 0.001$) y el control ($F_{14-60} = 161.3$, $P < 0.001$), lo que demuestra que las cinco variables medidas demuestran que las larvas pueden ocasionar daños significativos a las plantas de los tres genotipos de papa. Al observar la tabla de intervalos de confianza individual del 95% de los dos análisis, los intervalos de confianza de los genotipos Dicaol Capiro y Criolla se superponían o se encontraban más relacionados entre sí que con los intervalos del genotipo Parda Pastusa, lo que demuestra la distinción de dos grupos, uno conformado por los resultados obtenidos en los genotipos Dicaol Capiro y Criolla en el límite inferior y el límite mayor conformado por la variedad Parda Pastusa.

Los resultados del segundo ensayo, mostraron que la mayor cantidad de roeduras por tubérculo (ocho roeduras promedio), se encontraron en recipientes que contenían 10 larvas, en comparación con los que contenían 5 larvas (2.3 roeduras promedio). Éste resultado fue corroborado por el alto valor de P ($P=0.00$) obtenido en el análisis de varianza ($F_{5-45}=20$, $P<0.001$), demostrando la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos pero no entre los genotipos de papa (Anexo 7).

Los resultados de los dos ensayos permitieron observar y describir el daño producido por las larvas a los tubérculos y a las plantas de los tres genotipos de papa. Además se demostró que las larvas no poseen preferencia por ninguna de los tres ya sea en el consumo de la zona radicular como lo muestran los resultados del primer ensayo o en los tubérculos como lo muestran los resultados del ensayo dos. Aunque no se pudo categorizar una escala de nivel de daño para el tubérculo, los resultados del segundo ensayo demuestran que diez larvas pueden ocasionar mas daño a los, lo que posiblemente puede reducir la calidad del tubérculo para su utilización para su comercialización y consumo.

Con respecto a la distribución de las larvas y pupas en un perfil de suelo de 40 centímetros, se observó que no existe una distribución específica para cada uno de los estados, ya que tanto las larvas como las pupas se encontraron distribuidas al azar en los cuatro estratos en los que se dividió el suelo. Sin embargo los individuos de los dos estados se tienden a agruparse hacia la zona de la raíz, que en este caso se encontraba entre los 10-30 cm de profundidad. Los adultos encontrados se ubicaron entre los 0-15 cm de profundidad, tal vez por que se encontraban en proceso de salir de la suelo.

6.3.3 Estado de Pupa

La pupa es de tipo exarata de color blanco o amarillo crema y mide en promedio $0,92 \pm 0.01$ mm (error estándar 0.50) de largo. Pasa por tres fases distinguibles que son: a) Prepupa o pupa inicial. Durante esta fase la larva aumenta

considerablemente sus movimientos circulares y ensancha los segmentos torácicos, en algunas se distingue la formación de pterothecas de alas, pero todavía se distingue claramente las mandíbulas de las larvas (Figura 28a y 28b). b) Pupa inicial, en esta fase la pupa está completamente formada, es de color blanco crema y se empieza a distinguir las tecas de las patas, mandíbulas y alas (Figura 28c). En este momento la pupa ha disminuido sus movimientos y ya tiene formada la cámara pupal que mide en promedio 1.2 mm de largo.

En las larvas observadas, la cámara pupal se formó en el borde de los recipientes transparentes lo que permitió la observación del desarrollo de la fase, pero en campo la cámara pupal se encontró en los terrones o entre las raíces (Figura 29). c) Pupa final. En esta fase la pupa reduce sus movimientos y se torna más amarilla, las tecas están claramente distinguidas y en algunas se puede distinguir el color negro de los ojos y las franjas longitudinales de los élitros (Figura 28d). En los días finales de esta fase, la pupa aumenta sus movimientos, luego sale el adulto transparente y sin melanizar (figura 30a).

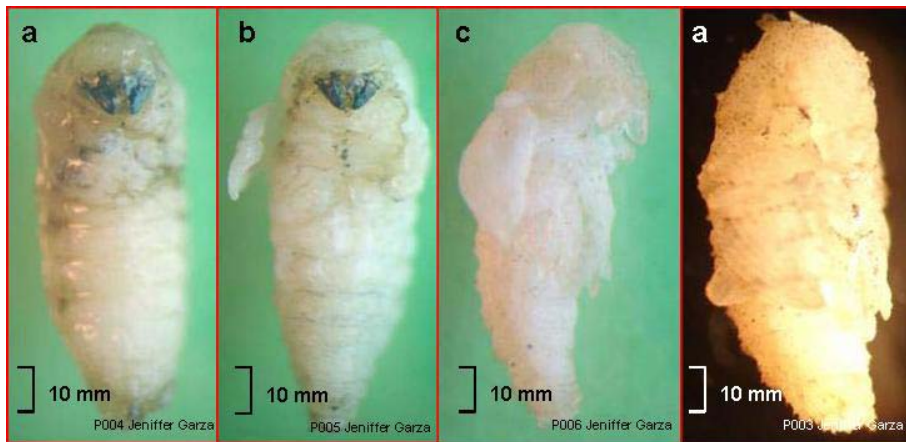


Figura 28. Fases de pupa de *Naupactus* sp. a. Prepupa: larva con segmentos torácicos ensanchados; b. Larva con formación primaria de patas y pterothecas; c. pupa de color blanco con tecas formadas; d. pupa final; de color amarillo, es la última fase antes de salir adulto.

Durante los 15 días que dura la melanización, el adulto pasa de color amarillo claro (Figura 30a) a un adulto de color negro brillante (Figura 30d), pasando por adulto de

color café claro (Figura 30b) y adulto café oscuro (Figura 30c), color que posee su cuerpo después de emerger del suelo a la superficie donde termina de endurecer sus alas y toma el color final negro brillante (Figura 30d).

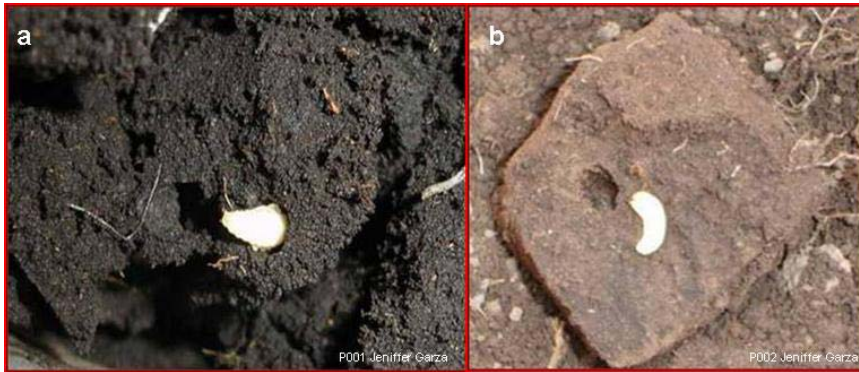


Figura 29. Cámaras pupales de *Naupactus* sp. encontradas en campo a. Cámara pupal formada en terron; b. Cama pupal en formación por larva de 9 mm de longitud.



Figura 30. Fase de melanización del adulto de *Naupactus* sp. a. Adulto recién emergido de la pupa; b. Adulto en proceso de esclerotización; c. Adulto recién emergido del suelo; d. Adulto completamente esclerotizado.

7. DISCUSIÓN

7.1 Ciclo de Vida

Las principales diferencias encontradas entre el estudio acá reportado para el biotipo de Tiroteador de la Papa del altiplano y el realizado por Canchala (1992) con el biotipo de Tiroteador de la Papa de Nariño (Tabla 11), que dificultaron la posterior comparación de los dos ciclo, fueron básicamente tres puntos, a) La no obtención de machos en éste estudio, b) Las diferencias en el numero de ínstares larvales y c) la duración del ciclo completo en este estudio se determino luego de sumar la duración de cada uno de los estados, solo hasta la primera oviposición del adulto, ya que en ese momento se considera que se ha cumplida un ciclo (una cohorte), por el contrario en el estudio de Nariño se tomo la longevidad completa del adulto para determinar la duración del ciclo, lo que sesga el resultado y dificulta la comparación.

Tabla 11. Ciclo de vida en días de los biotipos del Tiroteador de la Papa de Nariño y del altiplano Cundiboyacense.

	Duración del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. Cundiboyacense		Duración del Tiroteador de la Papa <i>Naupactus</i> sp. de Nariño	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Huevo	32	19-46	32	31-35
Larva	213	175-259	270	
Prepupa			12	10 15
Pupa	28	21-34	51	50-51
Melanización	15	12 18		
Adulto			35	33-38
Hembra	167	141 - 204	123	109-135
Total	319	249-380	523	483-549

Como no se distinguieron machos para las poblaciones estudiadas para el estudio del biotipo del altiplano Cundiboyacense, solo se comparó la duración total del ciclo, teniendo en cuenta los resultados de las hembras de Nariño. Por no presentar la misma cantidad de ínstares larvales en los dos biotipos, no permitió realizar la

comparación con respecto al número y duración de cada uno, y solo se hizo la comparación en duración y comportamiento básicos del estado.

El periodo mas variable del ciclo de de vida del Tiroteador de la Papa del biotipo del altiplano Cundiboyacense fue el periodo de preoviposición (CV: 23,9), seguido por el periodo de incubación de los huevos (CV: 18,6), resultado parecido al encontrado por Cano *et al.* (2002) con el picudo de los cítricos.

7.1.1 Estado de Adulto

Si se compara el adulto del biotipo de Nariño con el adulto del biotipo encontrado en el altiplano, se puede observar que no solo el mayor tamaño y el color mas claro, reportado para el adulto de Nariño, sino que también otras características mas especificas como, el ensanchamiento proporcionalmente mayor en los fémures de las patas anteriores en el biotipo de Nariño (Canchala 1992), muestran diferencias que según algunas claves pueden separarlas en especies o géneros diferentes (Marvaldi y Lanteri 2005).

La no presencia de alas metatorácicas en los adultos puede estar relacionado con la ocurrencia de la partenogénesis como tipo de reproducción. Según Lanteri y Normark (1995), esta característica puede estar asociada a esta condición, ya que de los 45 géneros de la tribu Naupactini descritos como partenogenéticos, solo dos especies no poseen este carácter. Según los autores esta condición ha favorecido la colonización de ambientes homogéneos como pastizales, cultivos y desiertos, donde la capacidad de vuelo no es tan importante debido a las fuertes condiciones del viento y por el contrario el paisaje favorece mucho más la distribución terrestre.

7.1.1.1 Partenogénesis, fecundidad, fertilidad y longevidad

El hecho de que la gráfica de fecundidad y fertilidad mostrara una tendencia hacia la distribución normal, afirma que existe una relación entre la edad de la hembra y la cantidad de huevos que coloca, característica de la mayorías de hembras de

insectos que poseen una carga fija de Huevos (Chapman 1998). Como se ve en la gráfica, existe un pico de máxima fecundidad y fertilidad que se encuentra en la mitad de la duración de la fase de adulto y existen dos valles que demuestran la poca cantidad de huevos colocados al principio del ciclo y la disminución progresiva a medida que la hembra se vuelve más vieja.

Esta característica no concuerda con lo encontrado para la especie del picudo de los cítricos *Compsus* sp. la cual, aunque pertenece a la misma subfamilia y comparte los hábitos de oviposición y el tiempo de preoviposición, no comparten esta tendencia a tener un solo pico en la mitad del ciclo de oviposición, por que la tendencia de la hembra del picudo de los cítricos, es colocar huevos con picos y descensos sin ninguna relación directa con la edad.

Lo mismo ocurre cuando se compara el resultado obtenido en este trabajo, con los de otras plagas de la Papa como lo es el caso del biotipo de Tiroteador de Nariño (Canchala 1992) y el Gusano blanco de la Papa (Navarro 1995). En el caso del biotipo de Nariño la fertilidad posee tres picos ubicados en diferentes épocas del ciclo de oviposición de la hembra y en el caso del Gusano blanco, las hembras tuvieron al igual que el picudo de los cítricos, varios picos y descensos durante toda su vida fértil.

Los resultados de Maher y Logan (2004), sobre fecundidad y longevidad de los adultos de *Asynonychus cervinus*, en diferentes hospederos, mostraron el mismo pico en la mitad del ciclo de vida fértil de las hembras y bajos números al inicio y al final, pero con algunas variaciones en tiempo y en duración de los picos y valles. Aunque en este estudio se observa una tendencia a la distribución normal en las gráficas de fecundidad, existe cierta variación que los autores asumen, se debió básicamente al cambio en el hospedero, ya que las condiciones ambientales fueron iguales para todos los ensayos.

En la mayoría de insectos la dieta interfiere drásticamente en la cantidad de huevos que puede colocar y la fertilidad de éstos, lo que en algunos casos puede llevar a que poblaciones de una misma especie, alimentados con diferentes hospederos

muestran cambios drásticos en estos aspectos (Maher y Logan 2004; Chapman 1998).

Aunque en la gráfica de fertilidad y fecundidad no se aprecie, existe una disminución del 10%-20%, de la fertilidad en las últimas posturas. Este acontecimiento se encuentra relacionado con el hecho de que las hembras ya agotaron toda su carga de huevos fértiles al principio y en la mitad de su vida, colocando los demás huevos infértiles, porque no fueron reabsorbidos por el cuerpo. En el actual estudio muchas hembras en sus últimos días de vida colocaron masas llenas de membrana, pero sin huevos dentro de ellas, como resultado de la pérdida total de su carga ovárica, pero en respuesta a su instinto de colocar posturas (Chapman 1998)

Si comparamos la fertilidad de los huevos del Tiroteador de la papa aquí estudiado con los de otros insectos de lamisca familia como el Gorgojo de la Batata (*Cylas formicarius elegantulus*) que según Reyez y Notz (1992) posee una fertilidad del 90% y con la del Gusano Blanco (*P. Vorax*), el cual según Navarro (1995) posee una fertilidad del 76 % de Papa; la fertilidad de éste insecto es mayor, especialmente con la del gusano blanco. Pero se la comparamos fertilidad reportada por Canchala (1992) para el Tiroteador de la Papa de Nariño que es del 98%, la fertilidad de éste insecto sería menor.

Para poder explicar la baja fertilidad del biotipo del altiplano Cundiboyacense en comparación con el de Nariño, se encontró que la baja fertilidad junto a la baja supervivencia de los primeros instares larvales, son una característica importante en el desarrollo de los insectos partenogenéticos, ya que la intensidad y expresión de mutaciones deletéreas es mayor en comparación a la de los insectos con reproducción sexual, lo que potencialmente puede repercutir en la disminución del tamaño de la población final. (Lanteri y Normark 1995, Scataglini *et al.* 2005).

Aunque no se tienen pruebas para decir que este biotipo presenta una partenogénesis obligada, el hecho de que hayan existido hembras en la cría que no pudieran poner huevos sin ser fecundadas y los resultados sobre reproducción sexual en este biotipo obtenidos por Londoño (2005), podrían definir que el biotipo

no posee una partenogénesis obligada, en la cual sólo se encuentran hembras con reproducción por telitoquia, sino que puede ser un biotipo bisexual en la cual la cantidad de machos es extremadamente baja o solo se presenta por temporadas o ciertos lugares, a lo que se le denomina partenogénesis geográfica (Scataglini *et al.* 2005).

7.1.2 Estado de Huevo y Hábitos de Oviposición

Los huevos son más pequeños que los huevos del biotipo de Nariño, que miden 0,98 x 0,47 mm, pero con respecto a la duración y los cambios sufridos durante la incubación no existen diferencias. Con respecto a los hábitos de oviposición, se observó que las hembras de los dos biotipos poseen el mismo hábito de oviposición, pero si cambia el grosor de la membrana que los recubre, que es más gruesa y variable en las posturas de las hembras de este estudio.

Es importante resaltar que por las características del rostro y de las antenas, este insecto se encuentra clasificado dentro del grupo denominado Gorgojos de rostro pequeño y ancho, el cual incluye los Gorgojos de las subfamilias Entiminae, Sitoninae y Aplophinae. Según Marvaldi (1999) y Guedes y Parra (2004), este grupo se caracteriza por poseer hábitos de oviposición que no involucran la preparación previa del sustrato de oviposición, sino que ponen las posturas libres y en algunos casos las cubren como una membrana, como lo observado con el insecto estudiado.

Teniendo en cuenta el artículo de Marvaldi (1999), el 99% de las posturas obtenidas en la cría concuerdan con el tipo de postura brachyderes, el cual se sabe es característico de la subfamilia a la que pertenece este insecto. Otro fenómeno observado durante este ensayo y que también fue documentado por Guedes y Parra (2004) y Marvaldi (1999), fue observar hembras que ponen los huevos en hojas, tallos de Papa e incluso por fuera de los tallos secos de oviposición y en las paredes de los recipientes de cría. Lo anterior demostró que el hábito de las hembras a la hora de colocar las posturas no es constante y que depende de diferentes condiciones ambientales que no se lograron discernir en este ensayo.

Según Marvaldi (1999) y Guedes y Parra (2004), los hábitos de oviposición de los curculionidos no se encuentran fijados en las especies, porque son comportamientos que poseen cierta plasticidad para favorecer la supervivencia de la especie si se llegara a cambiar las presiones ambientales como temperatura o alimento. Esto podría explicar el por qué algunas posturas no poseían la membrana y los huevos se colocaron de forma individual como, lo haría una especie con hábito de oviposición sitona.

Un hábito interesante reportado por Londoño (2005) y observado en este estudio, fue el observar que las hembras después de ovipositar, se colocaran cerca o encima del sustrato donde se encuentra su postura por algún tiempo. Durante las observaciones se reconoció que la mayoría de hembras se quedaban sobre las tallos secos o cerca a ellos o de las hojas donde ovipositaron sin moverse, sólo hasta que eran apartadas de ésta para poder tomar la postura.

7.1.3 Estado de Larva

Comparando el resultado obtenido en éste estudio con los obtenidos con el biotipo de Nariño, las larvas son muy parecidas en características morfológicas externas como el color y la forma del cuerpo y de la mandíbula, pero el color de la capsula cefálica del biotipo de Nariño es de color amarillo contrario a la cápsula del biotipo del altiplano que es blanca.

7.1.3.1 Ínstares larvales

Aunque normalmente los ínstares larvales se determinan por medio de las mediciones del ancho de la cápsula cefálica de las larvas, en este caso se decidió realizar la medición de la mandíbula por dos razones. La primera fue la inserción de la capsula cefálica dentro del pronoto de la larva, aproximadamente en el 90% de las larvas, la capsula podía estar incrustada desde el 50% hasta el 90% dentro del pronoto, lo que dificultaba la medición de la cápsula y aumentaba el error a la hora de determinar los ínstares.

La segunda razón, está relacionada con el supuesto que dice, que la determinación de los instares larvales se pueden realizar por medio de la medición de los diferentes estructuras esclerotizados de la larva, los cuales poseen una progresión geométrica, que se observa en el aumento del tamaño de estas estructuras en cada muda y se puede registrar en las diferentes picos de un histograma de frecuencias (Daly 1985, Hutchinson *et al.* 1997). Teniendo en cuenta este supuesto tanto la cápsula cefálica como las mandíbulas pueden determinar las diferencias en tamaño de cada instar en las larvas de este insecto.

Para contrarrestar los errores de observación de la cápsula cefálica de las larvas de la especie *N. leucoloma*, que posee el mismo problema de inserción de la cápsula cefálica dentro del pronoto, Gough y Brown (1991) utilizaron otra técnica morfométrica denominada principio de Pizibrans, la cual tiene en cuenta el peso de las larvas y no la medición de sus capsulas cefálicas. Por el contrario Dejager *et al.* (1989), describió los instares larvales de la misma especie por medio de la Ley de Dyar. Los resultados mostraron grandes diferencias en el número de instares larvales, ya que en el primer estudio se determinó un total de 11 instares y por el contrario en el segundo se obtuvo un total de siete instares.

No es fácil determinar el número de instares larvales por medio de técnicas morfométricas, porque existe varios factores que influyen el crecimiento de los estados juveniles de los insectos, entre éstos, la cantidad de alimento consumido y calidad nutricional de alimento, son las que más afectan el crecimiento de un individuo (Cahpman 1998; Hutchinson *et al.* 1997). Es así, que individuos de la misma edad, pero que por alguna razón estuvieron expuestos a diferentes sustratos o cantidad de alimento, pueden tener diferencias significativas en su tamaño, es decir, que pueden existir larvas de la misma edad con diferencias en tamaño y por ende de diferentes instares, fenómeno observado en la cría básica del insecto aquí estudiado.

La aplicación del test de significancia de la ley de Dyar (Daly 1985), mostró que la variable largo de la mandíbula, que fue la que se utilizó para determinar los instares larvales, no presentó una tendencia lineal clara a escala logarítmica. Este resultado

puede demostrar dos cosas, 1) puede que esta especie no sigue la regla de Dyar y su crecimiento morfométrico no sea geométrico, lo que se podría demostrar si se determinaran los instares larvales con otra técnica o aplicando otros modelos matemáticos que tengan en cuenta características medio ambientales y otras características morfológicas (Hutchinson *et al.* 1997).

Segundo, la especie si posee un crecimiento geométrico, pero existieron errores que sesgaron los resultados, ya sea en el las mediciones o en la cantidad de larvas medidas. Según Daly (1985), si la grafica a escala logarítmica no muestra una tendencia clara a ser una línea recta, los puntos que se encuentran por fuera de ésta, son vacíos en los cuales el instar está mal determinado.

Si se tiene en cuenta lo escrito por Daly (1985), los instares uno y ocho, serían puntos en los cuales el instar no estuvo bien determinado. Estos vacíos se dieron por falencias en la cantidad de individuos medidos, especialmente en larvas pequeñas pertenecientes a los primeros y últimos instares. Las larvas de primer instar presentaron una alta mortalidad, que disminuyó la cantidad de individuos de la población de la cría que podían ser medidos. Con respecto al bajo número de larvas medidas de los últimos instares, se debió a la alta mortalidad presentada por estas larvas en el momento pupar, por lo que los pocos individuos colectados se dejaron para la observación y descripción del estado de pupa y no para la determinación de los instares larvales.

7.1.3.2 Comportamiento del primer instar

Por medio de los estudios de búsqueda de los tubérculos se demostró que las larvas de primer instar de este biotipo, al igual que las larvas de primer instar del Gusano blanco (Navarro 1995), no se guían con ayuda de la gravedad para encontrar los tubérculos de los que se alimentan, sino que existen otras señales que guían a las larvas del insecto hacia el alimento.

Existen reportes en varias partes del mundo que indican que las larvas pertenecientes a este grupo de géneros (*Naupactus*, *Graphognathus*, *Asynonychus* y *Pantomorus* entre otros), pueden permanecer sin alimentarse por largos periodos de tiempo, incluso en algunas zonas, cuando las condiciones ambientales son las optimas, las larvas pueden permanecer en este estado por mas de cinco meses (Gough y Brown 1991).

Al parecer, esta característica favorece la supervivencia de las especies cuando son sometidas a diferentes factores de presión como los son, la escasez de alimento y refugio, bajas temperatura e incluso la presencia de insecticidas y nematicidas en el suelo (Dejager *et al.* 1989, Matthiessen y Shackleton 2000).

Gouh y Brown (1991) y Matthiessen y Shackleton (2000), comentan que la característica mas importante relacionada con este fenómeno, es el aumento del tamaño de la larva sin necesidad de comer, es decir que las larvas en primer ínstar pueden inducir la muda sin necesidad de obtener energía proveniente de su alimentación. Para comprobar esto Gouh y Brown (1991), realizaron la disección de las gargantas de algunas larvas de primer ínstar y encontraron que estas no se encuentran completamente desarrolladas y están obstruidas por una sustancia que impide la alimentación de la larva.

Si las larvas de primer ínstar no se alimentan, entonces el daño que se observó en los tubérculos en el ensayo de alimentación, fueron provocados por larvas del ínstar dos. Si comparamos la edad en semanas de las larvas de ínstar uno y el tiempo que tardan las larvas en producir daño al tubérculo, se puede observar que es el mismo, es decir que existe una relación entre la edad de la larva de segundo ínstar y la observación de daño al tubérculo.

En conclusión las larvas de primer ínstar no se alimentan durante un periodo mínimo de 15 días, tiempo en el cual buscan el alimento y que según los resultados de este estudio dura el primer ínstar. Después de este tiempo, pueden pasar al ínstar dos con o sin alimento, lo que implica que el fenómeno de muda en este ínstar no está

guiado por el aumento en la masa del cuerpo de la larva, sino por la intervención de otros factores fisiológicos o ambientales.

7.1.3.3 Daño ocasionado a tres genotipos de papa

Los resultados obtenidos en las variables descriptivas de la zona radicular de la planta entre el control y el tratamiento con larvas, sumado a la identificación visual del daño ocasionado por las larvas a los tallos subterráneos, demuestran que las larvas pueden provocar un daño severo a las raíces, estolones y tallos de las plantas. Al igual que en la zona radicular, las diferencias encontradas entre el tratamiento y el control, con respecto a las variables de la parte aérea (Peso en fresco y seco de hojas y tallo y largo de los tallos), implican que existe una relación directa, entre el daño ocasionado a la zona radicular y el crecimiento de la parte aérea de la planta. Al parecer el daño ocasionado por la larvas estaba produciendo un daño sistémico, que estaba disminuyendo el crecimiento y el vigor de las plantas.

Los dos análisis de varianza, realizados con las cinco variables más significativas en los tres tipos de Papa, mostraron que existen diferencias significativas entre el tipo de Papa Parda Pastusa y los tipos, Papa Criolla y Diacol Capiro. La obtención de estos dos grupos no necesariamente estuvo influenciado por el consumo de las larvas, porque los grupos se muestran en los resultados tanto de las plantas del control como las del tratamiento, lo que implica que las diferencias en las medias se dieron por las diferencias en la duración del ciclo vegetativo de los tres tipos de Papa estudiados.

Para la explicación de los dos grupos observados en la grafica de los intervalos de confianza, es importante resaltar que variedad Parda Pastusa se considera en su crecimiento vegetativo como una variedad robusta y de porte alto, esto por que durante el desarrollo sus hojas tallos y raíces crecen mucho mas y muchos mas rápido que otras variedades, por el contrario la variedad Diacol Capiro y la especie Papa Criolla se consideran por el tamaño y abundancia de sus hojas y tallos de porte mediano y bajo, respectivamente (Heredia *et al.* 2000). Es así que aunque las

plantas tuvieran la misma edad, las plantas de la variedad Parda Pastusa poseían en promedio más hojas, tallos y raíces y éstos serían muchos mas grandes, abundantes y pesados que los de los otros genotipos, demostrando que las los grupos y las diferencias en las medias de las variables están dadas por los cambios en el crecimiento vegetativo y no por el nivel de daño o la preferencia de la larva por alguno de los genotipos (Santos y Segura 2005; Sánchez 2003).

Los resultados obtenidos en el ensayo realizado en la cría, con los tubérculos de los tres tipos de Papa, mostraron que no importa la cantidad de larvas que se coloquen por recipiente, éstas atacan los tubérculos de los tres tipos, lo que corrobora que las larvas no poseen preferencia por algún tipo de Papa. Pero el encontrar que el mayor número de roeduras por tubérculo, se observó en las los tarros que contenían 10 larvas, demuestra que nivel de daño depende de la cantidad de larvas que afecten la planta.

Con respecto a la formación de tubérculos, la rápida extracción de las plantas no permitió la obtención de éstos, porque para los tres tipos, el llenado de los éstos empezaba a completarse hacia el día 59-60 después de la emergencia (Santos y Segura 2005; Sánchez 2003). Como las plantas se extrajeron a los 69 días después de la emergencia, no se dio el tiempo suficiente a las plantas para llenar sus tubérculos. La razón por cual no se dejó mas tiempo las larvas en el ensayo, fue por que al no tener certeza de ladead de las larvas, se podría correr el riesgo de tener pupas o incluso adultos en el ensayo, así que para evitar la diseminación de los adultos se optó por la rápida extracción de las plantas.

7.1.3.4 Distribución poblacional de la larvas y pupas en la suelo

La población de larvas y pupas en un perfil de 40 cm de suelo, posee una distribución al azar, se observaron larvas y pupas tanto en las muestras de suelo superficiales como en las profundas. Es importante resaltar que ambos estados, poseen preferencia a permanecer en la zona de las raíces, en especial las larvas que se encuentran alimentándose de ellas. Las pupas también se encontraron

entre las raíces, pero la mayoría se encontraron en los primeros 20 cm e incluso se encontraron pupas en la superficie sin protección de la suelo.

En comparación con las larvas y pupas del biotipo de Nariño, que se encuentran a mas de 70 cm de la superficie de la suelo en campo, las larvas de este biotipo se encuentran fácilmente en los primeros 20 cm de suelo en campo (Zuluaga y Espitia 2005), igual a lo observado en el invernadero. Estas observaciones en campo y en el invernadero de las larvas y pupas, puede afirmar que éste, es un comportamiento normal en estos estados del este insecto. Las larvas de Gusano blanco según Niño *et al.* (2004), poseen una distribución parecida al de este biotipo, en la cual el 60% de la población se encuentra distribuida máximo hasta los 20 cm de profundidad en los cultivos.

7.1.4 Pupa y Melanización

La duración del estado de pupa y de la fase de melanización es menor, en comparación con los resultados obtenidos por Canchala (1992) con el biotipo de Nariño. Éstas al igual que las del biotipo de Nariño, forman su cámara pupal en la suelo por medio de movimientos rotatorios y la producción de una sustancia que ayuda al endurecimiento de la suelo, además prefieren pupar en suelo no tan suelto con terrones.

Una característica que poseen en común los adultos en melanización de los dos biotipos de Tiroteador de Colombia y que también se encuentra en los otros insectos plaga de la familia como lo es el picudo de los cítricos, el Gorgojo de la Batata y el Gusano blanco, es que el adulto sale de la cámara pupal sin terminar su melanización y no posee su color definitivo. En todos los insectos que melanizan bajo el suelo, el adulto que emerge del suelo obtiene su verdadero color característico hasta que el contacto con el aire, termina de endurecer su cuerpo y finalmente toma su color verdadero, que en este caso es negro brillante.

8. CONCLUSIONES

- En el presente estudio se determinó que el ciclo de vida del biotipo de Tiroteador de la Papa encontrado en Cundinamarca en condiciones de laboratorio, posee una duración total de 319 días desde huevo hasta la primera oviposición del adulto.
- La duración del estado de huevo fue de 32 días, del estado de larva fue de 210 días, del estado de pupa fue de 27 días, la fase de melanización duró 15 días y la longevidad del adulto fue de 167 días.
- Se observó y comprobó la ocurrencia de la partenogénesis como estrategia reproductiva en la especie. Para el caso específico de la población de la cría y de los adultos capturados en campo, no se encontró por medio de la disección de los individuos la presencia de machos.
- Las posturas de este insecto se caracterizan por la presencia de una membrana insoluble en agua, segregada durante la oviposición que recubre, protege y adhiere los huevos entre sí, formando grupos que se unen fuertemente al sustrato de oviposición.
- Luego de la aplicación de la Ley de Dyar y de dos análisis discriminantes, se determinó que este insecto presenta ocho instares larvales, que fueron descritos por las diferencias de tamaño en el largo de la mandíbula derecha.
- Se comprobó que las larvas de primer ínstar pueden durar por lo menos 15 días sin alimentarse e incluso pueden mudar sin la necesidad de alimento. Además no se guían por la gravedad para encontrar su alimento, al parecer estas se demoran 15 días en encontrarlo, el mismo tiempo que puede durar la larva sin alimentarse.
- Se observó que las larvas pueden producir daño a los tubérculos y raíces de tres genotipos comerciales de Papa, sin poseer una preferencia por alguno.
- Las hembras partenogénicas posee un periodo de preoviposición de 35 días después de la emergencia del suelo.
- La fecundidad neta fue de 3 huevos por día y los huevos poseen una fertilidad del 92%. Estos resultados se consideran bajos si se compara con los del biotipo de Tiroteador de Nariño (fecundidad neta: 7fertilidad 98%), lo que puede estar relacionado con la alta tasa de mutaciones deletéreas presentes en las especies partenogénicas.

9. RECOMENDACIONES

- Es importante seguir realizando estudios que establezcan una técnica de cría, específicamente en la instalación y mantenimiento del estado de larva y pupa, ya que fue en los estados en los que se observó la mayor mortalidad.
- El resultado presentado en el test de significancia de la Ley de Dyar, indica que pudo existir errores en la cantidad de larvas medidas, específicamente individuos de los primeros y últimos instares, por lo que sería importante completar la infamación dada en este estudio.
- Sería interesante empezar a trabajar con el hongo entomopatógeno que atacó a las poblaciones capturas en campo, ya que por lo observado en este estudio y en el de Londoño (2005), es efectivo en el control de este estado.
- Es indispensable seguir con el monitoreo de las poblaciones en de las diferentes zonas de muestreo del altiplano, en especial las de Sibaté. Porque aunque la fertilidad y supervivencia de los huevos y larvas de primer ínstar no sea muy alta, la alta fecundidad y la ocurrencia de la partenogénesis; sumado a las características del agroecosistema, pueden favorecer el aumento poblacional y la distribución de esta plaga.
- Es preferible evitar la manipulación excesiva de las larvas y pupas, para evitar el estrés y muerte de estos estados. Para esto, es indispensable establecer técnicas de cría y observación que no involucren el monitoreo directo y constante de estos individuos.
- Hay que destacar la importancia de mantener un buen nivel de asepsia y desinfección de los materiales utilizados en la cría, además del control casi diario de los sustratos como los tubérculos, tallos secos para oviposición, el suelo de las cajas y las hojas de papa que sirven como alimento, para evitar la contaminación y muerte de los individuos de la cría.
- Es importante destacar que los cuatro estados se encuentran relacionados con el suelo y los hospederos alternos como pastos, por lo que los controles alternativos deberían estar centrados en las labores de manejo de suelo y malezas.

10. REFERENCIAS

ALCÁZAR, J. 1997. Principales plagas de la Papa Gorgojo de los andes, Epitrix y Gusanos de suelo. En: producción de tubérculo-semilla de Papa, manual de capacitación. Centro Internacional de la Papa (CIP) 7p.

ALONSO, J.; Hijmans, J. 2002. Papa en Colombia. In: World Potato Atlas (en línea). Last modified, May 16, 2002. International Potato Center. www.redePapa.org/atlas/colombia.html (Fecha ultima consulta: 8 marzo. 2005).

ARÉVALO, R.; Báez, L. 2000. Efectos del carbosulfan y permetrina sobre poblaciones de adultos de *Premnotrypes vorax* (Hustache) y *Tecia solanivora* (Povolny) en condiciones controladas. Tesis ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.

BARRAT, B.; Kuschel, G. 1996 Broad-nosed weevils (Curculionidae: Brachycerinae: Entimini) of the lammermoor and rock and pillar ranges in Otago, with descriptions of four new species of *irenimus*. *New Zealand journal of zoology* 23: 359-374.

BEERS, E.; Klaus, M.; Gebhard, A.; Cockfield, S.; Zack, R.; O'Brien, C. W. 2003. Weevils attacking trees in Washington. In, *Proceedings of the 77th Annual Western Orchard Pest & Disease Management Conference*. Washington State University. Pullman, Washington. 35p.

BOLAÑOS, N. R. 1991. Nota científica: *Naupactus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), plaga de importancia agrícola en Nariño. *Entomólogo. Boletín de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN*. Boletín de noticias No70.

CANCHALA, M. B. 1992. Estudios biológicos de *Naupactus* sp. Coleoptera: Curculionidae. Nueva plaga en Nariño. Tesis ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Facultad De Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 69p.

CANO, D.; Bustillo, A.; Cárdenas, R.; Orozco, L. 2002. Biología y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus* n. sp. (Coleoptera: Curculionidae). *Revista colombiana de entomología*. 28: 43-52.

CHAPMAN, R. 1998. The insects: structure and function. 4th ed. Cambridge University press. Cambridge, UK.770p.

CORREO DE LA PAPA. 2002. Distribución geográfica de las variedades de la Papa en Colombia. *Sistema nacional de información de Papa SINAIPA* . Boletín No7 1-3.

DALY, H. 1985. Insect morphometrics. *Annual review of entomology*. 30: 145-138.

DEJAGER J.; Lategan, K.; Westhuizen, V. 1989. Some aspects of the biology of the white-fringed beetle, *Graphognathus leucoloma* (Coleoptera: Curculionidae), in the lower Orange River irrigation area of South Africa. *Phytophylactica* 21:259-263.

EPPO. 2003. EPPO data sheets on quarantine pests *Naupactus leucoloma*. In: European and Mediterranean Plant Protection Organization. Junio Del 2003. Paris. Francia. 3 p.

FRANCE, A.; Gerding, M.,; Gerding, M.; Sandoval, A. 2000. Patogenicidad de una colección de cepas nativas de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. en *Aegorhinus superciliosus*, *Asynonychus cervinus* y *Otiorhynchus sulcatus*. *Agricultura Técnica* (Chile) 60: 205-215.

GALINDO, R.; Aragón, J. 2001. Trampas de caída tipo malla y trampas pegajosas para la evaluación de adultos de Gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) y Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) en condiciones de campo. Programa Nacional de Biometría Subdirección de Investigación en Sistemas de Producción. Corpoica. Tibaitatá, Colombia. 4 p.

GUEDES, J.; Parra, J. 2004. Oviposition characteristics of Citrus root weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Ciencia rural Santa maría* (Brasil). 34: 673-678.

GIGANTI, H.; Dapota, G.; Gonzalez-junyent, R. 1997. Insectos y ácaros asociados a los principales cultivos hortícolas del Alto Valle de Rio Negro y Neuquén, Argentina. *Horticultura Argentina* 16: 29-36.

GOUGH, N.; Brown, J. 1991. Development of larvae of the whitefringed weevil, *Graphognathus leucoloma* (Coleoptera: Curculionidae), in north Queensland. *Bulletin of Entomological Research* 81: 385-393.

HARDWICK, S.; Prestidge, R. 1996. Effects of whitefringed weevil larval feeding on ryegrass and white clover in the laboratory. In: 49th conference Proceedings of the New Zealand plant protection society incorporated. Palmerston North, New Zealand, 244-248.

HARDWICK, S. 2004. Colonization of renovated pastures in waikato by four coleopteran species. *New Zealand plant protection* 57: 304-309.

HEREDIA, C.; Guzmán, A.; Mendoza, L.; Dilmer, J. 2000. Manejo integrado del cultivo de la Papa, Manual técnico. Corpoica 196p.

HUTCHINSON, J.; McNamara, J.; Houston, A.; Vollrath, F. 1997. Dyar's rule and the investment principle: optimal moulting strategies if feeding rate is size-dependent and growth is discontinuous. *Phil. Trans. R. Soc London B.* 352: 113-138.

LANTERI, A. 1981. Estudio comparativo de las estructuras genitales en la tribu Naupactini. Los caracteres a nivel genérico de *Naupactus* Schönherr, *Teratopactus* Heller y *Trichonaupactus* Hustache (Coleoptera: Curculionidae). *Revista de la sociedad de entomología argentina* 40: 273-278.

LANTERI, A.; Guedes, J.; Parra, J. 2002. Systematics, morphology and physiology weevils injurious for roots of citrus in São Paulo State, Brazil. *Neotropical Entomology* 31: 561- 569.

LANTER, I. A.; Normark, B. 1995. Parthenogenesis in the tribe Naupactini (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of entomology society of america*. 88: 722-731.

LONDOÑO, Y. 2005. Repertorios comportamentales sexuales de una población de *Naupactus* sp. (Coleoptera: curculionidae) provenientes de una finca en Sibaté (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio. Tesis Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 113p.

MAHER, B. J.; Logan, D. P. 2004. Comparison of host plant preferences, fecundity and longevity for diet-reared and field-collected fuller's rose weevil. *New Zealand Plant Protection* 57: 183-190.

MARTÍNEZ, H.; Barrios, C.; Acevedo, X. 2003. Características y estructura de la cadena de la Papa en Colombia. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá, Colombia. 15p.

MARVALDI, A. 1997. Higher phylogeny of Curculionidae (Coleoptera. Curculionoidea) based mainly on larval characters, with especial reference to broad-nosed weevil. *Cladistics* 13: 285-312.

MARVALDI, A. 1998. Larvae of South American Entimini (Coleoptera: Curculionidae), and phylogenetic implications of certain characters. *Revista chilena de entomología*. 25: 21-44.

MARVALDI, A. 1999. Eggs and oviposition habits in Entimini (Coleoptera: Curculionidae). *The coleopterists bulletin*, 53: 115-126.

MARVALDI, A.; Lanteri, A. 2005. Key to higher taxa of South American weevils based on adult characters (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Chilena de historia natural*. 78: 65-87

MATTHIESSEN, J.N.; Shackleton, M. 2000. Advantageous attributes of larval whitefringed weevil, *Naupactus leucoloma* (Coleoptera: Curculionidae) for

bioassaying soil fumigants, and responses to pure and plant-derived isothiocyanates. *Bulletin of Entomological Research* 90: 349-55.

NAVARRO, O. 1995. Estudio de algunos aspectos biológicos y de comportamiento del Gusano blanco de la Papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Tesis postgrado en ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 117p.

NIÑO, L.; Acevedo, E.; Becerra, F.; Guerrero, M. 2004. Aspectos de la biología y fluctuación poblacional del Gusano blanco de la Papa *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela. *Entomotropica*. 19: 15-19.

PALACIOS, M. 1998. Manejo integrado de la Polilla de la Papa en unidades piloto. En: Planeación estratégica para el manejo de *Tecia solanivora* en Colombia. Memorias. Ministerio de Agricultura; Colciencias; FEDEPAPA; IICA. Bogota, Colombia 61-68.

PEÑA, L. 2001. Gusanos blancos de la Papa, biología y manejo. *Innovación y Cambio Tecnológico* 2: 29-33.

REYES, M.; Notz, A. 1992. Biología del Gorgojo de la Batata *Cylas formicarius elegantulu* summers. (Coleoptera: Curculionidae) bajo condiciones de laboratorio. *Bol. Entomol. Venez. N.S.* 7: 59-68

RODRÍGUEZ, T.; Espitia E. 2006. Determinación de hospederos alternos del Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), del altiplano Cundiboyacense. Resúmenes XXXIII congreso de entomología, Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Manizales, Colombia.

ROWENA, L.; Nojima, S.; Medina, J.; Osahawa, K. 2002. Method in sex discrimination in the mango pulp weevil *Sternochetus frigidus* (Fabr.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of applied entomology* 37: 251-255.

SÁNCHEZ, J. 2003. Determinación de las etapas críticas en el desarrollo fenológico del cultivo de la Papa Criolla *Solanum phureja* Juz. et Buk. Variedad yema de huevo, frente al ataque de las Polilla Guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny). Tesis ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 146p. .

SANTOS, M. ; Segura M. 2005. Evaluación de variables fisiológicas y componentes de rendimiento en cuatro variedades y dos clones avanzados de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá Cundinamarca. Tesis ingeniero agrónomo. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 95p

SCATAGLINI, M.; Lanteri, A.; Confalonieri, V. 2005. Phylogeny of the *Pantomorus-Naupactus* complex based on the morphological and molecular data (Coleoptera: Curculionidae). *Cladistics* 21:131-142

SHANNON, C.; William, J. 2002 First record of a whitefringed beetle, *Naupactus leucoloma* Boheman, 1840 (Coleoptera: Curculionidae), in Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 95: 141 – 142.

SIPSA. 2002. La Papa un cultivo con alto consumo de agroquímicos. En: Boletín mensual. Numero 6 volumen 1. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogotá, Colombia. 28p.

SITES, R.; Thorvilson, G. 1988. The First Record of a whitefringed beetle, *Graphognathus leucoloma* (coleoptera: Curculionidae) in New Mexico and Texas. *Florida Entomologist* 71: 657-659.

VALENCIA, L.; Bohórquez, C.; Hernández, J.; Luke, J.; Barrera, J.; Valbuena, I.; Peñalosa, J. 1991. Observaciones preliminares del “Tiroteador” de la Papa (Coleoptera: Curculionidae) en el departamento de Boyacá. Resúmenes XVIII Congreso, Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Santa Fé de Bogotá D. C.

VALENCIA, E. 2003. Propuesta de un modelo de manejo integrado para *Tecia Solanivora* en Papa.164-167 En. Memorias *Tecia solanivora*, II taller Nacional. Presente y futuro de la investigación en Colombia sobre Polilla Guatemalteca. CEVIPAPA, Ministerio de agricultura ; ANDI. Abril 24-25 2003. Bogota, Colombia 164-167.

WRIGHT, R.; Hein, G.; Wyaat, W.; Pavlista, A. 2000. Biology and management of potato insect. Nebraska Cooperative extension (Ed). Lincoln, Nebraska University and USDA. Nebraska, U.S.A. 16 p.

ZEHNDER, G.; Briggs, T.; Pitts , H. 1998. Management of whitefringed beetle (Coleoptera: Curculionidae) grub damage to sweet potato with adulticide treatments. *Journal of Economic Entomology* 91: 708-714.

ZENNER de Polanía, I.; López, a. 1977. Biología y hábitos del *Haplazius pallidus* transmisor de la "marchitez sorpresiva" en palma africana. *Revista Colombiana de Entomología* 3: 50-60.

ZULUAGA, M.; Espitia, E. 2005. *Avances sobre la distribución y el comportamiento del Tiroteador de la Papa Naupactus sp., en Cundinamarca y Boyacá*. Resúmenes XXXII Congreso sociedad colombiana de entomología, SOCOLEN. Ibagué Julio del 2005. 86p.

11. ANEXOS

Anexo 1

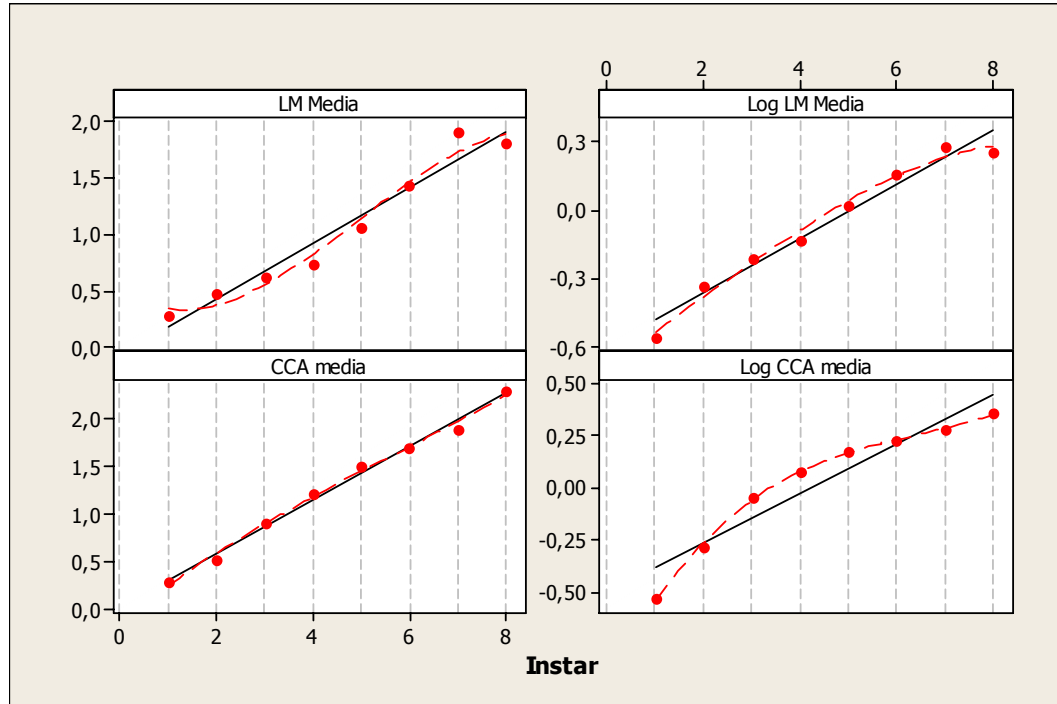
Ciclo de vida

Tiroteador de la Papa *Naupactus* sp.



Anexo 2

Test de significancia de la ley de Dyar. Determinación de la regla de Dyar



Plots a escala lineal y logarítmica de las variables largo de la mandíbula y ancho de la cápsula cefálica. Media del largo de la mandíbula (LM Media), Logaritmo de la media del largo de la mandíbula (Log LM Media), Media del ancho de la capsula cefálica (CCA media), Logaritmo de la media del ancho de la cápsula cefálica (CCA media).

Anexo 3

ANOVA de las 12 variables para la especie Papa Criolla

PS Hoj : Peso seco hojas

PS Hoj C : Peso seco hojas control

One-way ANOVA: P S Hoj. P S Ho C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2,809	2,809	11,95	0,009
Error	8	1,880	0,235		
Total	9	4,689			

S = 0,4848 R-Sq = 59,91% R-Sq(adj) = 54,89%

P hoj: Peso hojas

P hoj. C: Peso hojas control

One-way ANOVA: P. hoj. P. Hoj. C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	207,9	207,9	7,14	0,028
Error	8	233,0	29,1		
Total	9	440,9			

S = 5,396 R-Sq = 47,16% R-Sq(adj) = 40,56%

P. Raiz: Peso Raíz

P. Ra C: Peso Raíz Control

One-way ANOVA: P. raiz. P. Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	38,81	38,81	28,98	0,001
Error	8	10,71	1,34		
Total	9	49,52			

S = 1,157 R-Sq = 78,37% R-Sq(adj) = 75,66%

P S Raíz: Peso seco raíz

P S Ra C: Peso seco raíz control

One-way ANOVA: P S Raiz. P S Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1,600	1,600	13,39	0,006
Error	8	0,956	0,120		
Total	9	2,556			

S = 0,3457 R-Sq = 62,60% R-Sq(adj) = 57,92%

No tuber: Numero de tubérculos

No tub C: Numero de tubérculos control

One-way ANOVA: No tuber. No tub. C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,10	8,10	7,36	0,027
Error	8	8,80	1,10		
Total	9	16,90			

S = 1,049 R-Sq = 47,93% R-Sq(adj) = 41,42%

P. Tub: Peso tubérculos

P. Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P. Tub. P. Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	20,74	20,74	5,47	0,048
Error	8	30,33	3,79		
Total	9	51,06			

S = 1,947 R-Sq = 40,61% R-Sq(adj) = 33,18%

P S Tub: Peso tubérculos

P S Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P S Tub. P S Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2,916	2,916	11,66	0,009
Error	8	2,000	0,250		
Total	9	4,916			

S = 0,5 R-Sq = 59,32% R-Sq(adj) = 54,23%

Di Tub.: Diámetro tubérculos

Di Tub C: Diámetro tubérculos control

One-way ANOVA: Di Tub. Di Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,28	8,28	6,82	0,031
Error	8	9,72	1,22		
Total	9	18,00			

S = 1,102 R-Sq = 46,00% R-Sq(adj) = 39,25%

No estol: Numero estolones

No est C: Numero estolones control

One-way ANOVA: No estol. No est C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,10	8,10	6,48	0,034
Error	8	10,00	1,25		
Total	9	18,10			

S = 1,118 R-Sq = 44,75% R-Sq(adj) = 37,85%

L raiz: largo raíz

L raiz C: largo raíz Control

One-way ANOVA: L Raiz. L Raiz C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	133,96	133,96	13,78	0,006
Error	8	77,79	9,72		
Total	9	211,74			

S = 3,118 R-Sq = 63,26% R-Sq(adj) = 58,67%

L tall: largo tallo

L tall C: largo tallo Control

One-way ANOVA: L Tall. L tall C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	4,1	4,1	0,14	0,714
Error	8	228,0	28,5		
Total	9	232,1			

S = 5,338 R-Sq = 1,76% R-Sq(adj) = 0,00%

L hojas: Largo hojas

L hojas C: Largo hojas control

One-way ANOVA: L Hojas. L hojas C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1,849	1,849	4,46	0,068
Error	8	3,316	0,415		
Total	9	5,165			

S = 0,6438 R-Sq = 35,80% R-Sq(adj) = 27,77%

Anexo 4

ANOVA de las 12 variables para la especie Parda Pastusa

P hoj: Peso hojas

P hoj. C: Peso hojas control

One-way ANOVA: P. hoj. P. Hoj. C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	555,0	555,0	12,19	0,008
Error	8	364,2	45,5		
Total	9	919,2			

S = 6,747 R-Sq = 60,38% R-Sq(adj) = 55,43%

PS Hoj : Peso seco hojas

PS Hoj C : Peso seco hojas control

One-way ANOVA: P S Hoj. P S Ho C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	21,61	21,61	8,81	0,018
Error	8	19,62	2,45		
Total	9	41,23			

S = 1,566 R-Sq = 52,42% R-Sq(adj) = 46,47%

P. Raiz: Peso Raíz

P. Ra C: Peso Raíz Control

One-way ANOVA: P. raiz. P. Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	210,7	210,7	10,79	0,011
Error	8	156,2	19,5		
Total	9	366,9			

S = 4,419 R-Sq = 57,42% R-Sq(adj) = 52,10%

P S Raíz: Peso seco raíz

P S Ra C: Peso seco raíz control

One-way ANOVA: P S Raiz. P S Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	13,00	13,00	8,79	0,018
Error	8	11,83	1,48		
Total	9	24,82			

S = 1,216 R-Sq = 52,35% R-Sq(adj) = 46,40%

No tuber: Numero de tubérculos
No tub C: Numero de tubérculos control

One-way ANOVA: No tuber. No tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,90	0,90	0,09	0,766
Error	8	76,00	9,50		
Total	9	76,90			

S = 3,082 R-Sq = 1,17% R-Sq(adj) = 0,00%

P. Tub: Peso tubérculos
P. Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P. Tub. P. Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	26,28	26,28	6,99	0,038
Error	6	22,56	3,76		
Total	7	48,84			

S = 1,939 R-Sq = 53,81% R-Sq(adj) = 46,11%

P S Tub: Peso tubérculos
P S Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P S Tub. P S Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2,761	2,761	6,66	0,042
Error	6	2,487	0,415		
Total	7	5,249			

S = 0,6439 R-Sq = 52,61% R-Sq(adj) = 44,71%

Di Tub.: Diámetro tubérculos
Di Tub C: Diámetro tubérculos control

One-way ANOVA: Di Tub. Di Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	4,805	4,805	19,81	0,004
Error	6	1,455	0,242		
Total	7	6,260			

S = 0,4924 R-Sq = 76,76% R-Sq(adj) = 72,88%

No estol: Numero estolones
No est C: Numero estolones control

One-way ANOVA: No estol. No est C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	504,1	504,1	7,27	0,027
Error	8	554,8	69,4		
Total	9	1058,9			

S = 8,328 R-Sq = 47,61% R-Sq(adj) = 41,06%

L raíz: largo raíz
L raíz C: largo raíz Control

One-way ANOVA: L Raíz. L Raíz C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	336,4	336,4	13,32	0,006
Error	8	202,0	25,3		
Total	9	538,4			

S = 5,025 R-Sq = 62,48% R-Sq(adj) = 57,79%

L tall: largo tallo
L tall C: largo tallo Control

One-way ANOVA: L Tall. L tall C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	903	903	1,09	0,327
Error	8	6622	828		
Total	9	7524			

S = 28,77 R-Sq = 11,99% R-Sq(adj) = 0,99%

L hojas: Largo hojas
L hojas C: Largo hojas control

One-way ANOVA: L Hojas. L hojas C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	18,22	18,22	6,63	0,033
Error	8	22,00	2,75		
Total	9	40,22			

S = 1,658 R-Sq = 45,31% R-Sq(adj) = 38,47%

Anexo 5.

ANOVA de las 12 variables para la especie Diacol Capiro

P hoj: Peso hojas

P hoj. C: Peso hojas control

One-way ANOVA: P. hoj. P. Hoj. C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1295,0	1295,0	26,84	0,001
Error	8	386,0	48,3		
Total	9	1681,1			

S = 6,946 R-Sq = 77,04% R-Sq(adj) = 74,17%

PS Hoj : Peso seco hojas

PS Hoj C : Peso seco hojas control

One-way ANOVA: P S Hoj. P S Ho C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	28,22	28,22	19,75	0,002
Error	8	11,43	1,43		
Total	9	39,66			

S = 1,195 R-Sq = 71,17% R-Sq(adj) = 67,57%

P. Raiz: Peso Raíz

P. Ra C: Peso Raíz Control

One-way ANOVA: P. raiz. P. Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	122,50	122,50	14,91	0,005
Error	8	65,72	8,22		
Total	9	188,22			

S = 2,866 R-Sq = 65,08% R-Sq(adj) = 60,72%

P S Raíz: Peso seco raíz

P S Ra C: Peso seco raíz control

One-way ANOVA: P S Raiz. P S Ra C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3,249	3,249	13,57	0,006
Error	8	1,916	0,240		
Total	9	5,165			

S = 0,4894 R-Sq = 62,90% R-Sq(adj) = 58,27%

No tuber: Numero de tubérculos
 No tub C: Numero de tubérculos control

One-way ANOVA: No tuber. No tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	4,90	4,90	4,90	0,058
Error	8	8,00	1,00		
Total	9	12,90			

S = 1 R-Sq = 37,98% R-Sq(adj) = 30,23%

P. Tub: Peso tubérculos

P. Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P. Tub. P. Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	70,76	70,76	11,99	0,009
Error	8	47,20	5,90		
Total	9	117,96			

S = 2,429 R-Sq = 59,98% R-Sq(adj) = 54,98%

P S Tub: Peso tubérculos

P S Tub C: Peso tubérculos control

One-way ANOVA: P S Tub. P S Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	12,32	12,32	6,74	0,032
Error	8	14,62	1,83		
Total	9	26,94			

S = 1,352 R-Sq = 45,73% R-Sq(adj) = 38,95%

Di Tub.: Diámetro tubérculos

Di Tub C: Diámetro tubérculos control

One-way ANOVA: Di Tub. Di Tub C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	8,464	8,464	16,94	0,003
Error	8	3,996	0,500		
Total	9	12,460			

S = 0,7068 R-Sq = 67,93% R-Sq(adj) = 63,92%

No estol: Numero estolones

No est C: Numero estolones control

One-way ANOVA: No estol. No est C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	62,5	62,5	5,92	0,041
Error	8	84,4	10,6		
Total	9	146,9			

S = 3,248 R-Sq = 42,55% R-Sq(adj) = 35,36%

L raíz: largo raíz

L raíz C: largo raíz Control

One-way ANOVA: L Raíz. L Raíz C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1555	1555	14,38	0,005
Error	8	865	108		
Total	9	2420			

S = 10,40 R-Sq = 64,25% R-Sq(adj) = 59,78%

L tall: largo tallo

L tall C: largo tallo Control

One-way ANOVA: L Tall. L tall C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	461,0	461,0	5,47	0,047
Error	8	674,2	84,3		
Total	9	1135,2			

S = 9,180 R-Sq = 40,61% R-Sq(adj) = 33,19%

L hojas: Largo hojas

L hojas C: Largo hojas control

One-way ANOVA: L Hojas. L hojas C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	11,02	11,02	7,93	0,023
Error	8	11,12	1,39		
Total	9	22,14			

S = 1,179 R-Sq = 49,79% R-Sq(adj) = 43,52%

Anexo 6

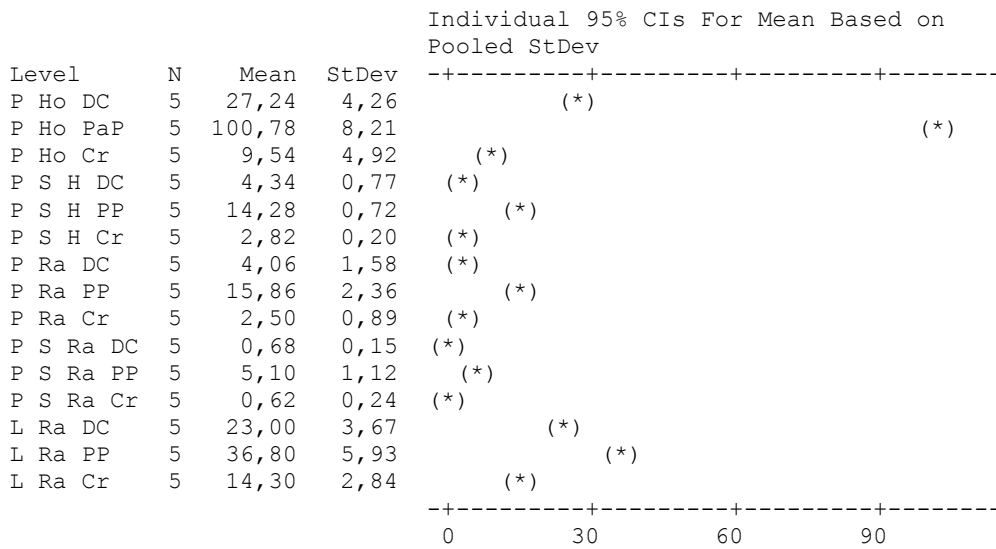
ANOVA Control y tratamiento de las variables más significativas en los tres tipos de Papa (Criolla, Diacol Capiro, Parda Pastusa)

• Tratamiento con 30 larvas

One-way ANOVA:

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	14	45178,7	3227,0	272,10	0,000
Error	60	711,6	11,9		
Total	74	45890,3			

S = 3,444 R-Sq = 98,45% R-Sq(adj) = 98,09%



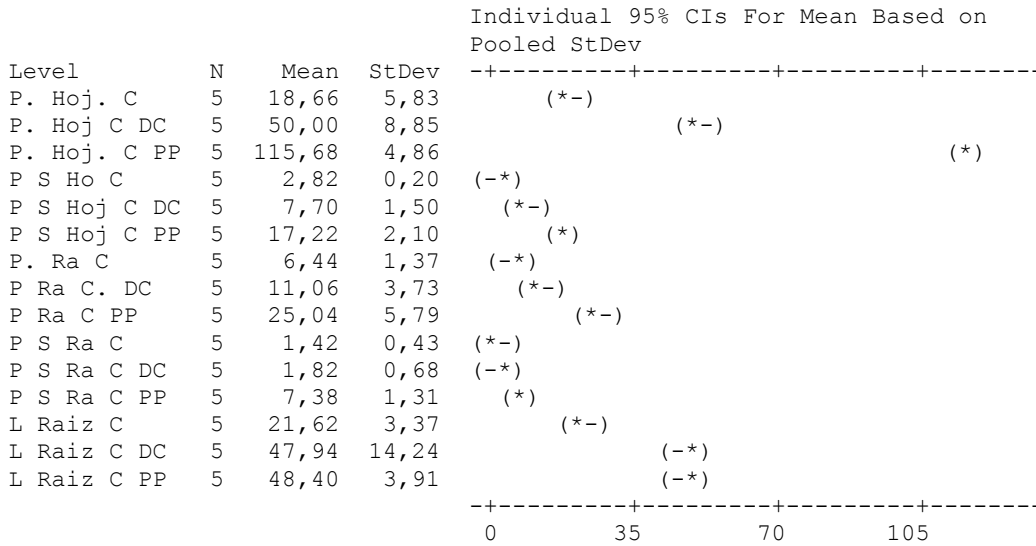
Pooled StDev = 3,44

• Control

One-way ANOVA:

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	14	63815,8	4558,3	161,32	0,000
Error	60	1695,4	28,3		
Total	74	65511,2			

S = 5,316 R-Sq = 97,41% R-Sq(adj) = 96,81%



Pooled StDev = 5,32

Anexo 7.

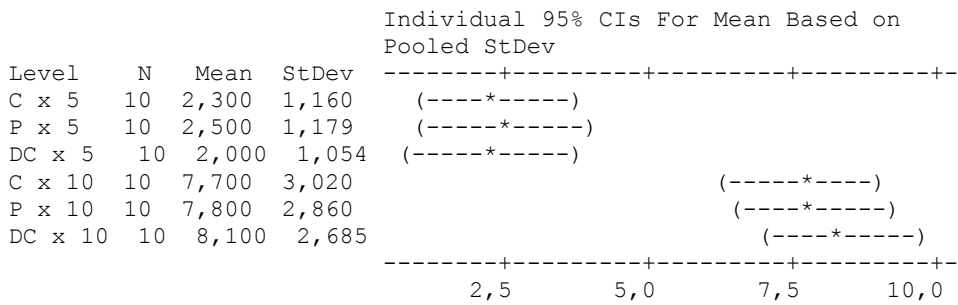
ANOVA ensayo comportamiento de alimentación de las larvas en la cría.

- C x 5: Especie Criolla con cinco larvas
- DC x 5: Variedad Diacol Capiro con cinco larvas
- P x 5: Variedad pastusa con cinco larvas
- C x 10: Especie Criolla con cinco larvas
- DC x 10: Variedad Diacol Capiro con cinco larvas
- P x 10: Variedad pastusa con cinco larvas

One-way ANOVA: C x 5. P x 5. DC x 5. C x 10. P x 10. DC x 10

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	5	472,53	94,51	20,00	0,000
Error	54	255,20	4,73		
Total	59	727,73			

S = 2,174 R-Sq = 64,93% R-Sq(adj) = 61,69%



Pooled StDev = 2,174