

1. INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cultivos más apreciados por sus cualidades alimenticias, adaptación climática y altos rendimientos (López U. 2005), considerado el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, (CIP, 2001). A pesar de sus bondades la planta en su etapa fisiológica se ve afectada por una gran cantidad de factores, siendo una de las más importante la susceptibilidad a enfermedades y al ataque de insectos (López U. 2005). Una de las principales enfermedades es la punta morada atribuida a insectos del orden Homóptera y a hongos fitopatógenos como *Fusarium* y *Verticillium*. A fines de 1950 en México todavía se consideraba causada por virus (Salazar, 1996 citados por: Moctezuma y Sánchez, s.f), lo que no deja claro quien es el principal causante de la sintomatología, (Serrano L y Pérez D.2006).

En Centro América el cultivo de la papa representa una oportunidad de desarrollo. Para el año 2005 Centro América participó en la producción mundial con el 0.13 %, con un rendimiento promedio de 20.85 TM/ha. El Salvador es uno de los países Centroamericanos con menor rendimiento por área (22.8 TM/ha). (Cuadro.1.A) y figura dentro de los 100 países importadores de papa fresca, (CASFE, s.f.), Según datos de la Dirección de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el 2002 se cosecharon 367,000 quintales de papa, pero esta producción sólo cubre el 20% de la demanda total. Por tal motivo se hace necesario la importación de esta hortaliza desde Guatemala, Honduras, México, Estados Unidos y Canadá; y así para ese mismo año se compraron al extranjero más de 29 millones de kilogramos de papa; esto representó 45.6 millones de colones. (<http://www.elsalvador.com/hablemos/150603/150603>). Sumado a lo antes mencionado, la generación de empleo como medio de vida de los productores y el ser un cultivo con un alto potencial agroindustrial son solo algunos argumentos de la importancia de esta hortaliza para el país.

-Serrano y Pérez. 2006. Docentes de la Universidad de El Salvador central y paracentral, Información verbal sobre el causante de la enfermedad Punta Morada.

En El Salvador la papa es producida en la zona alta de Chalatenango (Las Pilas, Los Planes, El Centro, entre otros cantones), lamentablemente en los últimos años los

productores han enfrentado pérdidas en el cultivo hasta de un 100% por la enfermedad Punta Morada (Fuentes F., 2006), comúnmente llamada; Colocha, Corona, papa aérea (Serrano y Pérez, 2007). La enfermedad fue detectada por los productores en 1998 luego del paso del Huracán Mitch y notificada al CENTA en 1999 (Reyes G. 2007 comunicación personal) dejando en los mismos pérdidas económicas, por los altos costos de los insumos agrícolas (insecticidas, fungicidas, fertilizantes, etc.) y la pérdida de valor del tubérculo comercial por la mala calidad, teniendo como consecuencias; el abandono del cultivo, contaminación ambiental; por el uso irracional de pesticidas, la emigración de agricultores a los Estados Unidos y obligando a otros a buscar un nuevo medio de vida; pasando a un problema social.

La enfermedad es atribuida a *Paratrioza cockerelli* (Homóptera, Psyllidae) (CENTA, 2002) lo cual no había sido demostrado experimentalmente en ese año. La presente investigación realizada de noviembre 2006 a octubre del 2007 hace una recopilación sistemática de información de la enfermedad y del vector antes mencionado, estudiados y analizados por diferentes actores y describe los datos obtenidos de una investigación de campo realizada a nivel experimental con el insecto. El estudio se realizó con el propósito de describir el daño propio del insecto al cultivo de la papa; para lo cual se instalaron dos experimentos con el insecto, el primero utilizando ninfas y el segundo con su fase adulta, y así asociar la sintomatología y daño propio del insecto a plantas de papa en las fases antes mencionadas.

-Serrano y Pérez. 2006. Docentes de la Universidad de El Salvador central y paracentral, Información verbal sobre el causante de la enfermedad Punta Morada.

-Fuentes. 2006 Técnico, Programa de Hortalizas. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Comunicación Personal. Sobre presencia e incidencia de Punta Morada en Las Pilas Chalatenango.

-Reyes G. 2007 Agricultor del Caserío El Centro, Las Pilas, comunicación personal sobre los inicios de la enfermedad Punta Morada en El Salvador.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

- A finales del año 1920 *Paratrioza cockerelli* es considerado uno de los insectos plagas claves de la papa y el tomate en el Oeste de Norte América, después de un periodo de brotes generalizados. (Cranshaw 1993.)
- En 1927 BL Richards informa sobre “una nueva enfermedad de la papa”, que apareció de repente en los estados montañosos de los estados unidos. (Cranshaw 1993.)
- Entre 1926-28 se reporta en Colorado una aparentemente nueva enfermedad de la papa y otras solanáceas, cuyos síntomas característicos son el acopado hacia arriba de las hojas y el enanismo de las plantas, sumamente destructiva y se asocia con las ninfas del psyllido *Paratrioza cockerelli*. (Cranshaw 1993.)
- Los años 1911 y 1931 han sido los peores registrados hasta la fecha en Colorado por daños en los cultivos causados psyllidos. (Cranshaw 1993.)
- En 1930 y 1940 se informo de poblaciones esporádicas de *Paratrioza cockerelli* en California. (Cranshaw 1993).
- El nombre de Punta Morada fue dado por la coloración morada que adquieren las hojas apicales, la cual es más evidente en algunas variedades. Estudios realizados por el Centro Internacional de la Papa (CIP) en América del Sur han demostrado que esta enfermedad esta relacionada con la presencia del psyllido *Russelliana solanicola*, causando arrosetamiento de las plantas, un síntoma muy parecido a infección con el PVY (Salazar, s.f.)
- En México los síntomas se detectaron hace 50 años; sin embargo, su importancia se ha incrementado en los últimos 5 años. Actualmente se estima que un 50% de la superficie sembrada con papa es afectada por la enfermedad. Las pérdidas varían según la severidad del problema, llegando hasta un 80% del rendimiento, Además de las pérdidas en rendimiento, los tubérculos infectados pierden valor en el mercado por la necrosis interna y baja calidad industrial. (Rubio, INIFAP, México, citado por Salazar, s.f.).
- Por muchos años fue diagnosticada en todo el mundo como virosis, en algunos países la consideran como un problema nutricional, enmascarando los síntomas con la aplicación

de fertilizantes foliares, también ha sido vista como daño de hongos como. *Fusarium* y *Verticillium*. (Martínez S., citados por; Moctezuma y Sánchez, s.f.).

- Esta patología está en plena etapa de investigación y tiene preocupados a productores e investigadores Centroamericanos, causada por un fitoplasma transmitido principalmente por una chicharrita llamada *Paratrioza cockerelli*, también llamada recientemente (*Bactericera cockerelli*); De 7000 Hectáreas sembradas en el último período sólo se cosecharon 4.000. Asimismo se están analizando medidas reglamentarias al tráfico de semillas ya que se considera que se propaga a través de las semillas (tubérculos). Se estima que *Paratrioza* puede transmitir el fitoplasma en sólo 15 minutos después de haberlo adquirido. Actualmente se están investigando nuevos genotipos que sean resistentes a la enfermedad. (ALAP, Congreso Internacional de la papa, México, s.f.)
- En Guatemala *Paratrioza cockerelli* fue identificada en 1998 por técnicos del ICTA, sin embargo no reportaron daño. (Franco R, 2002).
- En Quetzaltenango, Guatemala para el año 2004 se evaluaron siete insecticidas para el manejo de *Bactericera cockerelli* Sulc. Se pudo concluir que el control ejercido por el insecticida (Chlorpyrifos + Cypermethrin) sobre las ninfas del psyllido de la papa, fue superior; se determinó que el insecticida Cartap (32.87 t/ha), fue superior en rendimiento total de tubérculo a los tratamientos Oxamyl, (Chlorpyrifos + Cypermethrin) y testigo absoluto; se estableció que la respuesta física del insecticida (Chlorpyrifos + Cypermethrin) sobre el porcentaje de tubérculos sanos, fue superior a cinco insecticidas y al testigo absoluto y, se determinó que el porcentaje de tubérculos brotados a cuatro meses de almacenamiento, no fue afectado por los tratamientos evaluados, con base en lo anterior se recomienda incluir el insecticida (Chlorpyrifos + Cypermethrin) en un programa de control químico del psyllido de la papa. (De León y Chávez, 2004)
- En la Asamblea General de la Sociedad del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA, 2005), en la mesa de Hortalizas se presentaron 9 trabajos de papa, entre ellos, se tocó el tema relacionado con el control de plagas, se estudió y caracterizó la dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* en Guatemala, observando una reducción de la incidencia de la plaga en

condiciones de bajas temperaturas, y un incremento en la cantidad de adultos con el incremento de las precipitaciones. (PCCMCA, 2005).

- En El Salvador, se comenzó a realizar investigaciones en el cultivo de papa en 1957, con las variedades Vorán y Alpha. En 1968 se cultivaban alrededor de 420 hectáreas, en Zapotitán (La Libertad); Las Pilas, Citalá, (Chalatenango), Texistepeque y Candelaria de la Frontera (Santa Ana), con un rendimiento promedio de 9.9 tm/ha. (CENTA, 2002).
- En el año 2001 el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN). MARN-IABIN publica ficha técnica de *Paratrioza cockerelli*, informando de su presencia únicamente en Las Pilas Chalatenango, (MARN-IABIN, 2001).
- En Noviembre de 2001 el CENTA publica ficha técnica, sobre el psylido de la papa y el tomate, causante de punta morada. En la cual se menciona que la plaga aparece en el año 2000, que es vector de fitoplasma, y que reducía la producción hasta en un 40%. (Cortez M, Técnico Programa de Hortalizas. 2001).
- Gonzáles en el 2003 menciona a *Paratrioza cockerelli* como uno de las principales plagas en la zona de Las Pilas Chalatenango.

2.2 IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO DE LA PAPA.

A nivel mundial, la papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, con cerca de 300 millones de toneladas producidas en el año 2000 y una tasa de crecimiento para el 2020 estimada en 2,7 por ciento al año. Más importante aún, un tercio de la producción mundial de papa se cultiva en los países en desarrollo (CIP, 2001). Su distribución es, desde el sur del cañón de Colorado en Estados Unidos de Norteamérica, pasando por todos los países con cordillera andina, siendo la base de la alimentación, hasta el sur de Chile. En Perú, es el principal cultivo en superficie sembrada, y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias. (Núñez R. s.f.)

2.3 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE LA PAPA.

La papa es uno de los cultivos más apreciados por sus cualidades alimenticias, adaptación climática y altos rendimientos, a pesar de sus bondades la planta en sus diferentes etapas fisiológicas se ve afectada por una gran cantidad de factores como; susceptibilidad a

enfermedades (infección foliar por tizón tardío; tizón temprano y roña del tubérculo) y ataques por plagas (palomilla de la papa, pulgones, chicharritas y trips). Hay plagas y enfermedades cuarentenadas que son una amenaza potencial, entre ellas; los nematodos *Globodera rostochiensis*, *Meloidogyne chitwoodii*, varios virus y la enfermedad Punta Morada causada por fitoplasmas y el psyllido de la papa (*Paratrioza cockerelli*). Todo lo antes mencionado, la falta de semilla de buena calidad fitosanitaria, entre otros factores limitan su producción y calidad del producto (López U. 2005)

2.4 PUNTA MORADA

2.4.1 Descripción de Síntomas, daños y ciclo de la enfermedad.

Punta morada es una enfermedad causada por una toxemia clorótica, que se produce cuando el insecto se alimenta de la planta. La producción de los síntomas que se producen, se limitan a la alimentación de ninfas del insecto. En condiciones de campo, los síntomas pueden aparecer dentro de los cuatro a seis días después de la alimentación de un gran número de psyllidos (Carter, 1950 y Daniels, 1954 citados por Panames G. s.f.). Se considera también que es una enfermedad de etiología compleja en la que participan principalmente microorganismos llamados fitoplasmas (transmitido por insectos) y en menor grado hongos y virus, se desconoce en forma fundamentada aspectos de transmisión y combate. (Flores A. et al. s.f.)

Los primeros síntomas aparecen en los brotes terminales y en las hojitas (45 a 60 días después de la siembra), estas se enrollan y toman un color morado de donde la enfermedad recibe su nombre, es común observar en algunos casos la aparición, primero de una tonalidad amarilla en la parte aérea de la planta (Ver Anexo3), posteriormente adquiere un color morado. A medida que avanza la enfermedad, la planta detiene su crecimiento y desarrollo y se produce una brotación anormal de las yemas axilares, también se observa el engrosamiento de nudos y la formación de pequeños tubérculos aéreos. En la parte basal de los tallos hay necrosis vascular y en el interior de los tubérculos, el anillo vascular se observa también necrosado, la planta enferma toma al final una apariencia de marchites con un tono amarillo a morado apagado y muere prematuramente (Cadena y Galindo, 1985; citados por Moctezuma y Sánchez, s.f.). Una vez inoculado el fitoplasma, se requiere de un tiempo estimado de 30 días para que se presenten síntomas en la planta, en este período el

patógeno se encuentra latente y disponible en la savia de la planta para su transportación a otra por medio de insectos chupadores, las plantas se vuelven susceptibles a otras enfermedades especialmente de hongos.

(Tomado de <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/coahuila/agricultura/punta%20Morada%20de%201a%20Papa.pdf>). En la parte subterránea se puede apreciar una decoloración cortical y los tubérculos pueden deformarse, presentar una coloración parda o desarrollarse muy pegados al estolón, lo que da una apariencia de rosario. En algunas variedades el número de tubérculos puede incrementarse, pero no alcanzan el tamaño comercial. (CENTA, 2002).

2.4.2 Diseminación de la enfermedad punta morada

A pesar que la principal forma de transmisión de la enfermedad es mediante insectos vectores de la familia Cicadellidae y Psyllidos, un alto porcentaje de transmisión es por semilla-tubérculo. (Martínez S. s.f.). No se transmite por contacto, ni se ha encontrado por semilla botánica. (Tomado de enfermedades transmitidas por virus – fitoplasma, s.f, <http://www.sdr.god.mx/contenido/cadena%20productivas/plagas/13.pdf>).

El umbral de daño es de una ninfa (*Paratrioza c.*) por planta y para una manifestación severa de los síntomas se requiere de más de 15 ninfas por planta, los adultos, aún en poblaciones de 1000 individuos por plantas, no causan daño. (CENTA, 2002).

2.4.3 Control

El control depende exclusivamente del uso de semilla libre de la enfermedad. Para esto, la producción de semilla debe realizarse en zonas que se sabe que están libres del vector y debe eliminarse toda planta que muestre algunos de los síntomas descritos. El control de vectores no es una medida práctica y quizás sólo pueda emplearse en condiciones donde el vector permanece ó forma colonias en el cultivo. Químicamente el control de las enfermedades ocasionadas por fitoplasmas esta basado principalmente en el uso de antibióticos. (Salazar L. s.f.). El diagnóstico en campo se basa principalmente en la observación de la sintomatología, lo que puede confundirse con otras enfermedades infecciosas y algunas deficiencias nutricionales. (Martínez S. s.f.)

2.5 FITOPLASMA

2.5.1 Características principales de los fitoplasma

Los fitoplasmas son organismos pleomórficos, sin pared celular, rodeados de una membrana. Su diámetro varía mucho (50 a más de 1,000 nm). Los cuerpos contienen un enrejado fibrilar de hebras, que se supone son ADN, y áreas con gránulos semejantes a ribosomas. Aparentemente se propagan por fisión binaria, gemación o fragmentación; son los procariotes más pequeños capaces de replicación autónoma. En relación con sus vectores, son considerados patógenos transmitidos en forma persistente, por lo que requieren de largos períodos de adquisición (de 2 a más de 30 días), aunque algunas variantes del amarillamiento del aster pueden ser transmitidos entre 8 y 24 horas. Requieren de un periodo de incubación en el vector desde la adquisición hasta la transmisión, entre 10 y 35 días, pueden persistir hasta 88 días en algunos casos; durante este tiempo los insectos pueden transmitir al fitoplasma. (Salazar L. s.f.). No pueden ser cultivados *in Vitro*, invisibles al microscopio de luz, y su detección serológica y al microscopio electrónico es impracticable. La identificación de los fitoplasmas y su clasificación en grupos, se basa en características biológicas como; la especificidad de transmisión por insectos vectores, el rango de hospedero y el tipo de síntomas. La microscopía electrónica y el marcaje del ADN con DAPI (4,6-diamidina-2-fenilindol•2HCl), en conjunción con la microscopía de fluorescencia, han sido usados como herramientas alternativas para la detección en plantas infectadas. Se ha logrado también, a través de la hibridación molecular con sondas obtenidas de fragmentos clonados al azar del ADN del fitoplasma una identificación específica y sensible de los mismos, tanto en plantas como en insectos. Sin embargo, con la introducción de la reacción en cadena de la polimerasa (RCP), se ha incrementado la sensibilidad y la especificidad en la detección de fitoplasmas, tanto en plantas como en insectos hospederos. (Martínez S. et al, s.f.)

2.5.2 Fitoplasma en el cultivo de la papa

En la papa se han reportado varias enfermedades producidas por fitoplasmas, tales como enrollamiento púrpura del ápice (PTR), flavescencia marginal (MF), escoba de brujas (WB), filodia de la papa (PP), marchitez de la punta morada (PTW) y "stolbur". Un síntoma

común de todas estas enfermedades es la clorosis de los folíolos, usualmente a lo largo de los márgenes en las plantas infectadas. PTW origina brotes erectos y las hojas se enrollan hacia arriba con el progreso de la enfermedad. Una pigmentación púrpura se produce en la base de los folíolos y los tallos se marchitan debido a necrosis del floema interno de los tallos. Las plantas jóvenes afectadas producen tubérculos aéreos, flácidos y engrosamiento de los nudos del tallo, los brotes ahilados producen una detención severa del crecimiento de las plantas debido al acortamiento de los entrenudos, y también induce clorosis marginal de los folíolos. (Salazar L. s.f.)

2.5.3 Principales vectores.

Hasta ahora los vectores reconocidos de fitoplasmas son especies de insectos de las familias Cicadelloidea que pertenecen al suborden Auchenorrhyncha y Fulgoroidea, aunque muy pocos han sido atribuidos a especies de Psylloidea. No más de 12 especies han sido implicadas en la transmisión de fitoplasmas en papa, aunque más de 130 han sido reconocidas como vectores. (Salazar L. s.f.)

2.6 *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

2.6.1 Clasificación taxonómica.

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Homóptera

Familia: Psyllidae, Chermidae

Género: *Bactericera (Paratrioza)*

Especie: *cockerelli*

(MARN-IABIN, 2001)

Nota: con respecto a la familia, se encontró información que hace constar que *Paratrioza cockerelli* es triozidae, ya que la distribución de las venas de las alas anteriores, se bifurcan de una vena principal, y en el caso de los psyllidos, la vena principal se bifurca primero en dos, y luego de estas se ramifican las demás. (Ver Anexo 6).

2.6.2 Origen

El origen de *Paratrioza cockerelli* se lo adjudican al Oeste de Norteamérica, pero también se considera Europeo. En México, se reportó primeramente en los estados de Durango, Tamaulipas y Michoacán; posteriormente se le observó en el estado de México, Guanajuato y en 12 lugares mas. (MARN-IABIN 2001, Celaya G, 2004). En El Salvador únicamente ha sido documentado en Las Pilas, Chalatenango. (MARN-IABIN, 2001)

2.6.3 Descripción general del insecto.

Los adultos son alados, superficialmente se asemejan a las chicharritas, los colores prevalcientes son de diversos tonos; verdes, café, amarillo y negro (Ver anexo3). El cuerpo esta frecuentemente manchado de amarillo, estructuralmente se parecen a los Cicadellidae, excepto por las antenas largas y filiformes que se proyectan en forma de cuernos enfrente de los ojos y que terminan en dos pelos cortos más o menos notorios. Difieren de los piojos verdaderos de las plantas especialmente en el desarrollo de las patas posteriores para brincar y en la venación de sus alas; los cuerpos son mucho mas firmes y las ninfas son generalmente más planas. (MARN-IABIN, 2001). El cuerpo mide alrededor de 2mm, en la parte dorsal del abdomen se puede apreciar una franja color crema, que da la apariencia de un cinturón (CENTA, 2002). La hembra tiene períodos de oviposición de 2 a 3 días después de la emergencia, puede vivir mas tiempo que los machos, se diferencia de ellos por el ovipositor y por tener el abdomen redondeado y más robusto, pueden ovipositar entre 500 y 1400 huevos durante toda su vida. Los adultos son de vida libre y viven por largo tiempo. (Lastres, s.f.). Tiene capacidad de saltar y su habito alimenticio es chupador, se alimenta de la savia de la planta extraída de los tallos, brotes y hojas. Durante su alimentación las ninfas inyectan una toxina que induce a un desorden fisiológico de la planta (CENTA, 2002)

2.6.4 Biología y ciclo de vida

Después del apareamiento, las hembras ponen sus huevecillos de uno en uno sobre un pedicelo incoloro en los bordes y en el envés de las hojas, son ovoides de color naranja amarillento, los cuales pueden ser vistos a simple vista, posteriormente pasan por cinco estadios ninfales en forma de escama antes de llegar al estado adulto. (CENTA, 2002). El

período de huevo tarda entre 3 y 9 días para eclosionar, las ninfas tardan entre 12 y 21 días para convertirse en adulto, esto ocurre en el envés de las hojas, son poco móviles y tienen apariencia de escamas. (Figura 1) (Lastres, s.f.)

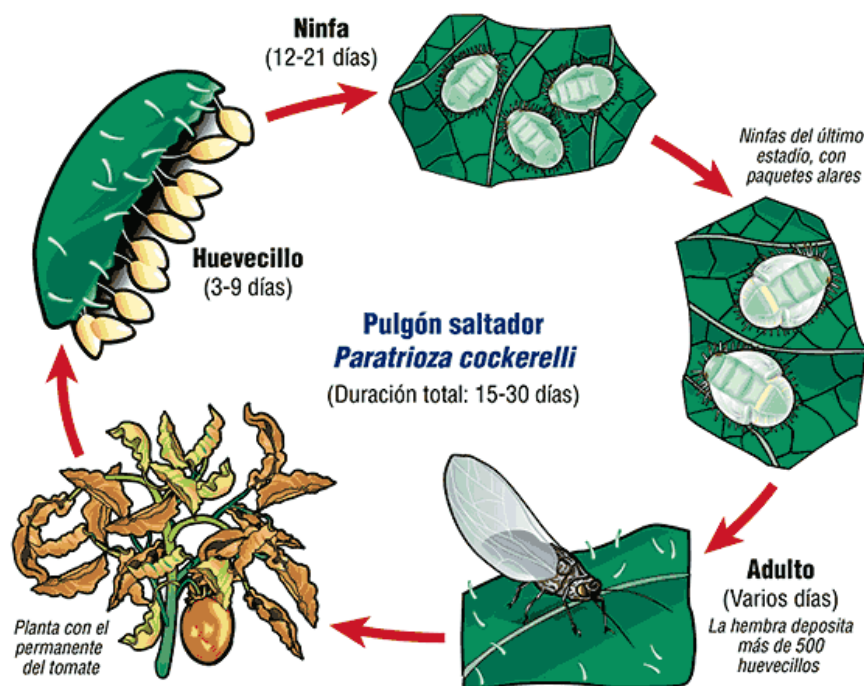


Fig. 1. Ciclo biológico de *Paratrioza cockerelli*.

Tomado de: http://www.bayer.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/ParatriozaPests_BCS

2.6.5 Enemigos naturales

Cuadro 1. Enemigos naturales de *Paratrioza cockerelli*.

| Especie | Descripción | Forma / Etapa de control. |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| <i>Tamarixia triozeae</i> | Avispa | |
| <i>Metaphycus psyllidus</i> | Avispa | Parasitoide / ninfas estadios 4 y 5 |
| <i>Hippodamia convergens</i> | Catarina | Depredador / ninfas |
| <i>Chrysopa spp.</i> | Crisopa, caimancito | Depredador / ninfas |
| <i>Chrysoperla carnea</i> | Crisopa, caimancito | Depredador / ninfas |
| <i>Nabis spp.</i> | Chinche pajiza | Depredador / ninfas |
| <i>Geocoris spp.</i> | Chinche ojona | Depredador / ninfas |
| <i>Anthocoris spp.</i> | Antocórido | Depredador / ninfas |
| <i>Beauveria bassiana</i> | Hongo | Patógeno general |

FUENTE: INIFAP 2005, Tomado de una publicación de Meister. Agosto 2005 PRODUCTORES de HORTALIZAS ESPECIAL de TOMATE

En México dos especies de León de los Afidos: *Chrysoperla carnea* Stephens y *C.rufilabris* (Burmeister), fueron evaluadas para su uso potencial como agentes de control biológico del

psyllido de la papa. Ambas especies lograron completar su ciclo de vida bajo una dieta de psyllidos. Las larvas de *Chrsoperla carnea*, consumieron casi el doble de insectos psyllidos que *C. rufilabris*, pero el desarrollo de esta última especie fue más rápido (10 vs. 12 días). (Pánames G. s.f.)

2.6.6 Cultivos atacados y hospederos alternos.

Paratrioza cockerelli tiene preferencia por las solanáceas (tomate, chile dulce y papa). En Chalatenango (El Salvador) se han encontrado adultos del insecto en plantas de: Repollo, pepino y malezas comúnmente llamada cinco negritos (*Lantana camara*), en época que no se produce papa (Fuentes F. 2006). También se ha citado a; *Amaranthus spp* y *Solanum rostratun*. (INTA, 2004).

Fuentes F. 2006. Información verbal, sobre hospederos del psyllido de la papa.

3. METODOLOGÍA

3.1 UBICACIÓN:

La investigación se llevó a cabo en El Municipio de San Ignacio, Cantón Las Pilas (Latitud: 14° 21, 0', longitud: 89° 05. 4', Elevación: 1960 msnm, X: -89,090000, Y: 14,350000, PP: 1452.7, T°: 15.8 °C), Caserío las Aradas, parcela de la Sra. Sonia de Reyes, y Agencia de Extensión del CENTA del mismo lugar, Departamento de Chalatenango, El Salvador.

3.2 DURACION:

El estudio se realizó en el período de Noviembre de 2006 a Septiembre de 2007, y su objetivo fue determinar la sintomatología asociada a cuatro niveles de infestación de *Paratrioza cockerelli* adultos y ninfas, en plantas de papa, con el propósito de describir el daño propio del insecto en los estadios antes mencionados. El estudio comprendió tres fases:

- Fase de campo y preexperimental (Fig. 2).
- Fase experimental y toma de datos.
- Fase de análisis de resultados y procesamiento de la información.

3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL.

3.3.1 Material Biológico.

- Insectos de *Paratrioza cockerelli* en sus estadios: Ninfa (360 individuos del primer estadio vital) (Fig.11.1) y Adulto (360 individuos con la coloración completa, color café oscuro) (Fig.12.1). Se consideró una relación de sexo 1:1 de macho y hembra, por medio de muestreo de las poblaciones que se realizaron en el lugar de estudio.
- Plantas de papa. (Plantas criadas en medios de cultivo de tejido o Vitro-plantas, de siete meses de edad celular, provenientes del Laboratorio de Biotecnología Agrícola de la Escuela Nacional de Agricultura).
- Sustrato: elaborado de tierra y materia orgánica (tierra de bosque) en una relación de 1:2, se necesitaron 0.40m³ de sustrato, para llenar de 46 a 52 bolsas de 9"x12". Se desinfectó con la mezcla de ingredientes activos de fungicidas (Carbendazim; dosis 0.75 ml/lit. y Propamocarb; dosis 1 ml/lit.) mas la técnica de solarización por 15 días.

3.3.2 Otros Materiales:

- 12 Jaulas experimentales (de infestacion): construidas de tubo plástico PVC (diámetro de ½ pulgada) y forradas de tela Tricot y con dimensiones 3m. de largo, 1m. de ancho y 1m. de alto, contando con cuatro compartimentos de 75 cm. c/u. por los cuatro tratamientos a evaluar. (Fig. 8)
- Succionadores; jaulas de transporte artesanales (Fig.9)

3.4 FASE DE CAMPO Y PREEXPERIMENTAL

Esta fase consistió en la preparación de todo el material necesario a utilizar en los experimentos, detallándose a continuación las principales actividades realizadas:

3.4.1 Montaje y manejo de la parcela de papa:

Se instaló y manejó una parcela de 144 m² con los objetivos siguientes; adquirir experiencia en el manejo del cultivo utilizando la tecnología del agricultor local, monitorear el comportamiento y la incidencia de poblaciones del insecto; facilitar la captura del mismo para ser utilizados en los experimentos. La semilla (tubérculos) recibió un tratamiento de fungicidas (Carbendazim; dosis 0.75 ml/lit. y Propamocarb; dosis 1 ml/lit.) mezclados; para evitar el ataque de enfermedades fungosas. La parcela no recibió ninguna aplicación de insecticidas. El distanciamiento utilizado fue 15 cm entre planta y un metro entre surco. Siembra: 14 de marzo. Cosecha 27 de junio. Duración de parcela 103 días.



Fig. 2.1 Instalación de la parcela; 2.2 Manejo de parcela; 2.3 Observaciones en la parcela; 2.4 Control cultural en plantas enfermas (Poda sanitaria).

Fig. 2. Montaje y manejo de parcela de papa.

3.4.2 Adquisición de la semilla:

Se utilizaron dos variedades de semillas.

1. La Variedad Atzimba reconocida por los productores locales como de las mas susceptible al daño de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*, se utilizo para el establecimiento de la parcela antes mencionada, fue donada por el productor Saúl Regalado. (Semilla no certificada proveniente de Guatemala). Con ella se estableció la parcela de 144 m² descrita antes.
2. La Variedad Cal White, bajo la forma de plantas criadas en medios de cultivos (Vitro-plantas) facilitada por el Laboratorio de Biotecnología Agrícola de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), libre de patógenos, utilizadas como unidades experimentales en los dos experimentos. (Fig. 3)



3. 1. Vitro-plantas en medio nutritivo y en laboratorio; 3.2. Vitro-plantas listas para ser utilizada como unidad experimental.

Fig. 3. Vitro plantas utilizadas en los experimentos.

3.4.3 Preparación del sustrato:

Elaborado de tierra y materia orgánica (tierra de bosque) en una relación de 1:2. Se desinfecto con fungicidas (Carbendazim; dosis 0.75 ml/lt. y Propamocarb; dosis 1 ml/lt.) mezclados, mas la técnica de solarización por 15 días. (Fig. 4)



4.1

4.2

4.3

Transporte de materia orgánica

Transporte de tierra

Mezcla de materia prima.

Fig. 4. Proceso de elaboración de sustrato, para establecer Vitro-plantas de papa.

3.4.4 Establecimiento de sistemas de riego:

Se establecieron dos sistemas de riego artesanales:

- a) Sistema de Riego por Aspersión; instalado en la parcela de papa, alimentado por una fuente de agua cercana a la parcela (800m. aproximados); utilizándose ocho rollos de tubos de poliducto de media pulgada de diámetro; sistema con el cual se hizo funcionar un aspersor “papalota” movido por la fuerza de la gravedad del agua. (Fig. 5)



Fig. 5. Sistema de riego por aspersión artesanal.

- b) Sistema de riego por goteo (Fig. 6), para el riego de las Vitro-plantas, utilizándose trescientos metros de tubos de poliducto similar al descrito anteriormente. Se instaló un tornillo “goloso” (sustituyendo los goteros industriales) por planta, y se calibraron a un caudal de 2 lt/hr. El sistema fue instalado en la Agencia de Extensión Agrícola del CENTA.



6.1 tubos de poliducto; 6.2 tanque de captación de agua; 6.3 gotero; 6.4 vitro-planta desarrollándose.

Fig. 6. Establecimiento de sistema de riego por goteo artesanal.

3.4.5 Construcción de Jaulas (cría, infestación y de transporte)

3.4.5.1 Jaula de cría:

Se construyeron cuatro jaulas cilíndricas de 0.8 m. de diámetro y 1 m. de altura (Fig.7); con armazón de alambre galvanizado #10 y forrada con tela Tricot, que albergaron plantas de papa para la alimentación de adultos de *Paratrioza cockerelli* y facilitar su reproducción.



7.1

Armado de jaulas



7.2

Colocación de sistema de riego

Fig. 7. Jaula de cría, utilizada para la reproducción de *Paratrioza cockerelli*.

3.4.5.2 Jaula de infestación:

Se utilizaron 12 jaulas, construidas de PVC (diámetro de ½ pulgada), (3 m. de largo, 1m. de ancho, 1m. de alto) y forradas de tela Tricot; divididas en cuatro compartimentos de 0.75 m. cada una por los cuatro tratamientos a evaluar. (Fig. 8)



8.1

8.2

8.3

8.1 Armazón de PVC de las jaulas; 8.2 Forro de jaula con cuatro compartimentos; 8.3 Jaulas de infestación completas.

Fig. 8. Jaulas de infestación, utilizadas para los experimentos.

3.4.5.3 Jaula de transporte de insectos

Construida de un recipiente plástico transparente (bote de 1000 cm³), con dos ventanas forrada con tela de malla fina (Fig. 9) se utilizaron para el transporte de adultos de *Paratrioza cockerelli* desde la parcela hasta las jaulas de infestación, evitando así el daño mecánico de los insectos después de ser colectados, apoyándose de aspiradores entomológicos contruidos artesanalmente se introdujeron y se extrajeron los insectos adultos.



Fig. 9. Jaula de transporte de insectos adultos.

3.4.6 Establecimiento y manejo de las Vitro-plantas (VP) en las jaulas de infestacion.

Las Vitro-plantas fueron establecidas en el sustrato cuidadosamente (fig. 10), se regaron con 1 Lt. de agua por cada dos días durante la época seca, recibieron 5 fertilizaciones de formula 15-15-15; mas cinco aplicaciones de fertilizante foliar (cada ocho días), se asperjaron seis veces con fungicidas (Carbendazim; dosis 0.75 ml/lt. y Propamocarb; dosis 1 ml/lt.) mezclados, cada cuatro días.



10.1. Vitro-planta (VP) en frasco con medio nutritivo; 10.2. Extracción de VP del con el medio nutritivo del frasco con mucha delicadeza; 10.3. Lavado de VP con agua de chorro para eliminar el medio nutritivo (2 veces); 10.4. Inmersión de VP libres de medio nutritivo en solución fungicida (Derosal (Carbendazim); dosis 0.75ml/lt. y Previcur (Propamocarb); dosis 1ml/lt.) mezclados para prevenir el ataque de hongos; 10.5. Secado de VP; 10.6. Colocación de VP en sustrato; 10.7. VP utilizadas para los tratamientos a los 34 días de la siembra en el sustrato; 10.8. Vitro plantas utilizadas para los tratamientos a 48 días de su siembra en el sustrato.

Fig. 10. Metodología para el establecimiento de Vitro plantas en sustrato.

3.5 FASE EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS.

Principales actividades para el desarrollo de esta fase:

3.5.1 Experimento con ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

Este experimento se instaló el día 27 de junio del 2007 finalizando su toma de datos el 11 de septiembre del mismo año, teniendo las Vitro-plantas desarrolladas y homogenizadas, se colocaron en las jaulas de infestacion y se procedió al montaje (Fig.13). Las ninfas utilizadas provinieron de una plantación de tomate propiedad del Sr. Arnulfo Chávez (productor de la zona) que en ese momento se encontraba infestada por el insecto. Se cortaron hojas que contenían ninfas y se transportaron en bolsas transparentes. Cuidadosamente fueron desprendidas de las hojas con pinza de cartulina y colocadas en las hojas de las Vitro-plantas (Fig. 11) según el nivel de infestacion correspondiente. (Ver metodología estadística).



11.1.B. Ninfa considerada para el experimento entre segundo y tercer estadio; 11.2 Desprendimiento de ninfas de hojas de tomate; 11.3 Colocación de ninfas en Vitro plantas.

Fig. 11. Metodología para el montaje de experimento con ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

3.5.2 Experimento con adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

Este experimento se instaló el día 21 de julio del 2007 finalizando su toma de datos el 11 de septiembre de ese año, colocadas las Vitro-plantas en las jaulas de infestacion, homogenizadas y azarizados los tratamientos, se instaló el experimento (Fig.13). Los insectos provinieron de la misma plantación de tomate donde se colectaron las ninfas; fueron capturados con aspiradores artesanales y colocados en la jaula de transporte (fig. 9), seleccionando los insectos con una tonalidad café oscuro, considerándolos como adultos. Según la cantidad por tratamiento fueron transportados con el aspirador hacia el follaje de la Vitro-plata. (Fig. 12)



12.1.A. Adulto joven; 12.1.B. Adulto maduro considerado para el montaje del experimento; 12.2 Succionando cuidadosamente los adultos de la jaula de transporte; 12.3 Colocación de adultos en las VP.

Fig. 12. Metodología para el montaje del experimento con adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

3.5.3 Ubicación de las jaulas de los experimentos

Los experimentos con adultos y ninfas de *Paratrioza cockerelli* que se utilizaron en el estudio; se colocaron muy cerca de unas de otras tal como lo muestra la fig.13. (Anexo 2)



Fig. 13. Vista aérea mostrando la distribución de los tratamientos con ninfas y adultos de *Paratrioza cockerelli*.

3.5.4 Toma de datos

Los datos para ambos experimentos fueron tomados en ocho lecturas, iniciándolas una semana después de ser instalados los experimentos; con un intervalo entre lectura de ocho días. Para la toma de datos se utilizó una matriz. (Ver Anexo 1.)

3.6 METODOLOGIA ESTADÍSTICA.

3.6.1 Factor de estudio: Nivel de infestación de *Paratrioza cockerelli* (adulto y ninfas) en las plantas de papa.

3.6.2 Unidad experimental: Sustrato + cuatro Vitro plantas, manejando un total de 24 unidades experimentales por experimento. Estas plantas estuvieron protegidas por jaulas experimentales.

3.6.3 Diseño estadístico y repeticiones: Para ambos experimentos se utilizó el diseño completamente al azar, debido a que las unidades experimentales recibieron un mismo manejo. Se uniformizaron a la hora del montaje de los experimentos y se tuvieron en ambiente controlado. Se realizaron cuatro tratamientos y seis repeticiones para los experimentos.

3.6.4 Descripción de tratamientos

3.6.4.1 Experimento con ninfas

Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de infestación. Las ninfas provenientes de una plantación de tomate se colocaron en las plantas de papa, teniendo el cuidado de no dañarlas y asegurando que estas quedaran adheridas en las hojas de la planta, se utilizaron pinceles de papel húmedo para desprenderlas de la hoja de tomate y colocarlas en las hojas de las vitropantas, ocho días después de colocadas se retiraron con el mismo instrumento ó se destruyeron con los dedos, evitando que llegaran a su estadio adulto. En el Cuadro 2 se detallan los tratamientos (niveles de infestación) evaluados.

Cuadro 2. Tratamientos utilizados para evaluar sintomatología de las ninfas.

| Numero | Tratamiento | Niveles |
|--------|-------------|-----------------------|
| 1 | T0 | Cero ninfas (testigo) |
| 2 | T1 | 10 ninfas |
| 3 | T2 | 20 ninfas |
| 4 | T3 | 30 ninfas |

3.6.4.2 Experimento con adultos

Al igual que el primer experimento los tratamientos evaluados fueron cuatro niveles de infestación del insecto. Los adultos provenientes de la misma plantación de tomate se colocaron en las plantas de papa apoyados de succionadores y jaulas de transporte artesanales, teniendo el cuidado de no dañarlos. Cuatro días después se eliminaron manualmente los adultos, así como los huevos, evitando la eclosión de ninfas. En el Cuadro 3 se detallan los niveles de infestación evaluados.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados para evaluar la sintomatología de Adultos.

| Numero | Tratamiento | Niveles |
|--------|-------------|---------------------|
| 1 | T0 | 0 adultos (testigo) |
| 2 | T1 | 10 adultos |
| 3 | T2 | 20 adultos |
| 4 | T3 | 30 adultos |

3.6.5 Distribución estadística: La distribución estadística de los experimentos con ninfas y adultos de *Paratrioza cockerelli* se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución estadística utilizada en los dos experimentos.

| Fuentes de variación. | G.L. | S.C | C.M | F.Calc. |
|-----------------------|----------|------------------------------|---------------------|------------------|
| Tratamientos | 3 | $1/n \sum y_i - y_{..}^2/na$ | SC trat/a-1 | C.M. trat/C.M.E. |
| Error experimental. | 20 | SC total- SC trat | SC error exp/a(n-1) | |
| Total | 24-1= 23 | | | |

y_i = Representa el total para el tratamiento i .

$y_{..}$ = Representa el gran total

G.L = Grados de libertad

S.C = Suma de cuadrados

C.M = Cuadrado medio

C.M.E = Cuadrado medio de error experimental

3.6.6 Hipótesis científica

La sintomatología de la enfermedad punta morada en el cultivo de la papa, ocurre después que el adulto o ninfa de *Paratrioza cockerelli* se alimentan de la planta y la severidad del daño depende del nivel de infestación (población) de dichos insectos.

3.6.7 Hipótesis estadísticas

Las hipótesis estadísticas que se plantearon para el desarrollo de la investigación fueron las siguientes.

3.6.7.1 Experimento con ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

H₁: Al evaluar los niveles 10, 20 y 30 ninfas de *Paratrioza cockerelli*, la sintomatología y daños ocasionados en las plantas de papa, serán diferentes.

H₁: síntomas y daños de *P. cockerelli* ninfas en T₀ ≠ T₁ ≠ T₂ ≠ T₃.

H₀: Estadísticamente los síntomas y daños son iguales.

3.6.7.2 Experimento con adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

H₁: Al evaluar los niveles 10, 20 y 30 adultos de *Paratrioza cockerelli*, la sintomatología y daños ocasionados en las plantas de papa, serán diferentes.

H₁: síntomas y daños de *P. cockerelli* adultos en T₀ ≠ T₁ ≠ T₂ ≠ T₃.

H₀: Estadísticamente los síntomas y daños son iguales.

3.6.8 Variables evaluadas

Para medir la sintomatología y daños ocasionados por los niveles de *Paratrioza cockerelli* en sus dos estadios se consideraron las siguientes variables:

3.6.8.1 Variables cualitativas: para ambos experimentos.

- Sintomatología desarrollada: Presentación de cambios fisiológicos (cambio de color o forma del follaje) en la planta.
- Severidad de daños por densidad de población de insectos.

3.6.8.2 Variables cuantitativas:

- Peso de tubérculos por planta
- Numero de tubérculos por planta.
- Numero de tubérculos aéreos por planta

3.7 FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN.

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados a través del programa estadístico MSTATC versión 1.0 (1988) de los Drs. Héctor Barreto y William Raun del CIMMYT, México D.F, disponible en la Facultad de Ciencias Agronómicas. En el Capítulo 4 se presenta con mayor detalle la fase “Análisis resultados” de la investigación.

4. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 RESPUESTA DE LA PLANTA DE PAPA A CUATRO NIVELES DE INFESTACION, POR NINFAS DE *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*, EN CONDICIONES DE JAULAS.

4.1.1 Peso de tubérculos por planta.

El daño ocasionado por esta fase del insecto afecta grandemente el rendimiento del cultivo. Los cuatro niveles de infestacion que se evaluaron (cero, 10, 20, 30) de ninfas producen diferencias estadística significativa con respecto a la variable rendimiento (peso de tubérculos/planta) a un nivel de significancia del 5 % de error, es decir que al menos, el daño de uno de los niveles es menor, por lo tanto; el peso del tubérculo que desarrollo esta planta es mejor que las demás. Al realizar las pruebas estadísticas, se determino que las plantas que se sometieron al tratamiento testigo (cero ninfas/planta) fueron las que produjeron los mejores pesos por planta, superando el rendimiento de las demás que estuvieron sometidas a los tres niveles de infestacion. Con respecto a los niveles de infestacion 10, 20, 30 se determino que no existe diferencia estadística significativa, es decir que el daño producido por los tres niveles es igual, por lo tanto las plantas estarían produciendo tubérculos con pesos similares si son dañados por los tres niveles antes mencionados. (Fig. 14)

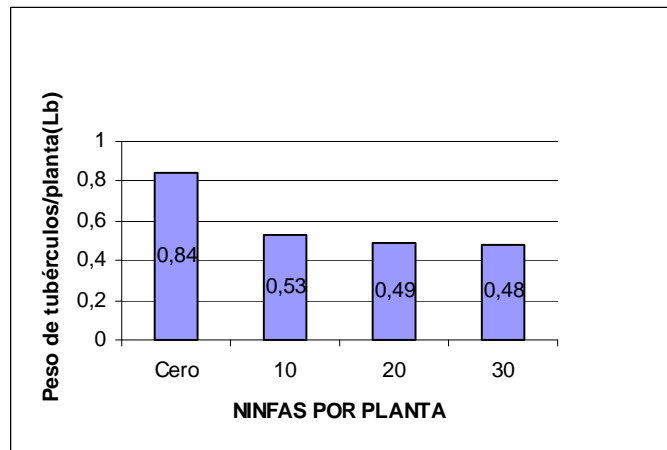


Fig. 14. Peso promedio de tubérculos por planta (libras), infestadas por ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.1.2 Número de tubérculos por planta.

Al evaluar el número de tubérculos de la plantas testigos con respecto a las que se sometieron al daño producido por las ninfas, se determino que existe diferencia estadística significativa al 5 % de error, es decir que el daño producido por las ninfas influye en la producción de tubérculos, es decir que las plantas testigos produjeron un aproximado de tres tubérculos mas comparado con las plantas dañadas por las ninfas. En la fig. 15 se observa que el daño producido por los tres niveles poblacionales de ninfas no es significativo entre ellos, lo que manifiesta que las plantas podrían producir el mismo número de tubérculos si son dañadas por 10, 20 y 30 ninfas.

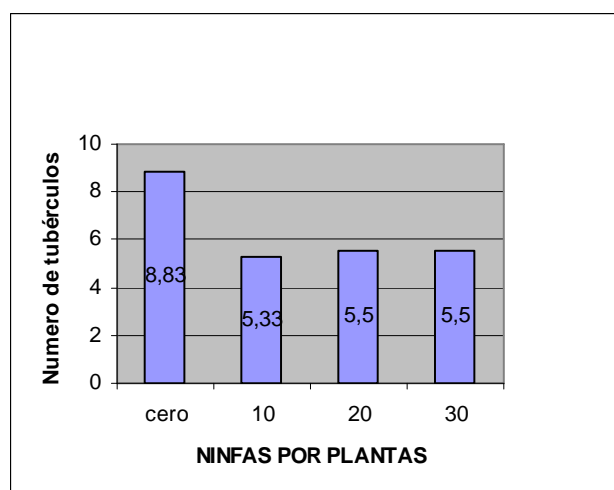


Fig. 15. Número promedio de tubérculos por planta de papa infestadas por ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.1.3 Tubérculos aéreos desarrollados en plantas de papa debido a la infestacion de ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

En el desarrollo de tubérculos aéreos, bajo los niveles de infestación de 10, 20 y 30 ninfas/planta no existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5 % de error; es decir que el número de tubérculos aéreos que se formaron en las plantas no depende de la cantidad de ninfas que se alimentan de la misma. Según Cadena y Galindo, 1985; citado por Moctezuma Gutiérrez y Sánchez, s.f., este síntoma se desarrolla a medida que avanza la enfermedad, además la planta detiene su crecimiento y desarrollo y se produce una brotación anormal de las yemas axilares, también se observa el engrosamiento de nudos. CENTA (2002) considera que el umbral de daño es de una ninfa por planta y para una manifestación severa de los síntomas se requiere de más de 15 ninfas por planta. En la figura 16 se observa una diferencia en el desarrollo de tubérculos aéreos por los niveles de infestacion evaluados, pero estadísticamente no es significativa. Al comparar con el tratamiento testigo esta diferencia es significativa ya que en este no se desarrolló ningún tubérculo aéreo.

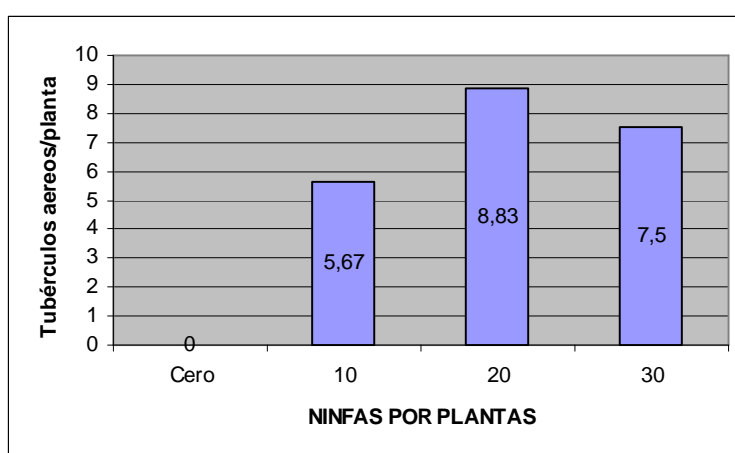


Fig. 16. Número de tubérculos aéreos desarrollados en plantas de papa, como respuesta a la infestacion de ninfas de *Bactericera (paratrioza) cockerelli*.

4.1.4 Complejo de síntomas desarrollados en plantas de papa por la infestacion de ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

El desarrollo de los cambios fisiológicos en plantas de papa infestadas por ninfas de *Paratrioza cockerelli* comenzó ocho días después de haber colocado las ninfas en las plantas (plantas con brotación excesiva), para ese momento no se logro determinar que era

el comienzo de la sintomatología. El primer síntoma más notorio fue el apareamiento de tubérculos aéreos, que se observaron a los 15 días, el desarrollo de los mismos y el número fue aumentando con el tiempo, estabilizándose en un periodo de 30 a 45 días. (Fig. 17.2) Seguido a los tubérculos aéreos, la planta manifestó un mayor desorden fisiológico, brotación excesiva, entre nudos cortos en zigzag, nudos engrosados; meristemo y axilas apicales de la planta engrosados, las hojas viejas y nuevas se vuelven rugosas y se enrollan hacia arriba, en algunos casos se observó que en las hojas apicales los bordes cambiaron su tonalidad verde a púrpura ó amarillenta. (Fig. 17.3) En un periodo de 35 a 45 días post infestación de ninfas, las plantas comenzaron a marchitarse (Fig. 17.3), con este síntoma los tubérculos aéreos tienden a disminuir su tamaño, en algunas plantas surgieron nuevos brotes en los tubérculos aéreos. De 65 a 75 días de haber sido colocadas las ninfas la planta murió (Fig. 17.4).



Fig. 17. Síntomas observados debido al daño de ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.2 RESPUESTA DE LA PLANTA DE PAPA A CUATRO NIVELES DE INFESTACION, POR ADULTOS DE *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*, EN CONDICIONES DE JAULAS.

4.2.1 Peso de tubérculos por planta.

Se determinó que el daño producido por esta fase del insecto con las diferentes densidades de infestación evaluadas, no produce diferencia estadística significativa al 5% de error en la variable peso de tubérculo por planta (lb.), es decir que el daño producido por 10, 20 y 30 adultos de *Paratrioza* influirá de igual manera en el peso de tubérculos; incluso la diferencia con el peso del tratamiento testigo no es significativa (Fig.18) Al respecto CANTA en el 2002 ya sostenía esta teoría, que poblaciones de 1000 adultos por plantas no causan daños significativos.

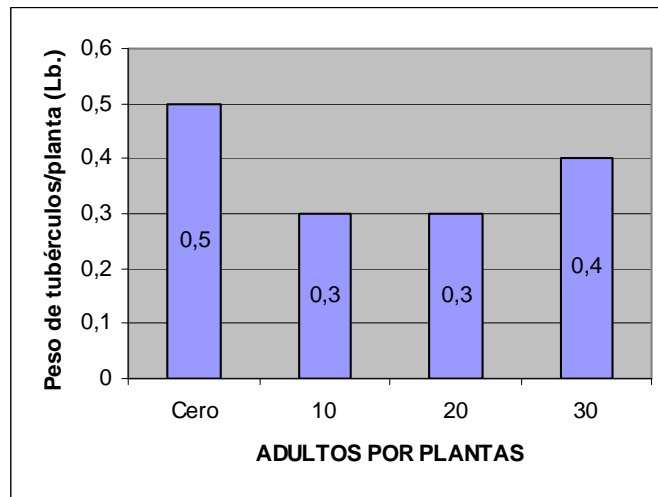


Fig. 18. Peso promedio de tubérculos por planta (libras), infestadas por adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.2.2 Número de tubérculos por planta.

Con respecto a la variable número de tubérculos por plantas, se determinó que no existe diferencia estadística significativa al 5% de error, incluyendo el tratamiento testigo. Es decir que las plantas produjeron similar número de tubérculos por planta. (Fig. 19)

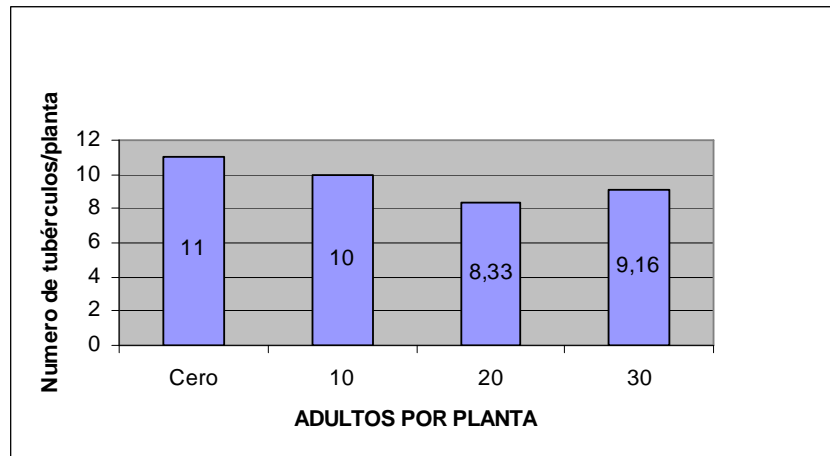


Fig. 19. Desarrollo promedio de tubérculos subterráneos por planta, experimento adulto.

4.2.3 Tubérculos aéreos desarrollados en plantas de papa debido a la infestacion de adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

En la variable número de tubérculos aéreos por plantas, desarrollados por la infestacion de adultos de *Paratrioza c.* se determinó que no existe diferencia estadística significativa al 5% de error, entre los tratamientos uno, dos y tres, al compararlo con el tratamiento testigo si existe una diferencia muy marcada (Fig. 20)

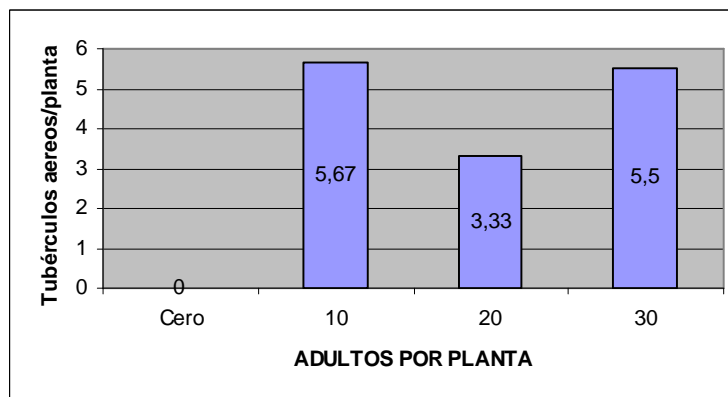


Fig. 20. Número de tubérculos aéreos desarrollados en plantas de papa, como respuesta a la infestacion de adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.2.4 Complejo de síntomas desarrollados en plantas de papa por la infestacion de adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

Con respecto al desarrollo de síntomas este estadio del insecto también es responsable de síntomas como; tubérculos aéreos pequeños morados (Fig.21.6), brotes nuevos engrosados (Fig.21.5), hojas rugosas con pigmentación morada en los bordes (Fig.21.6), tubérculos aéreos con brotes de hojas con venas y bordes púrpura (Fig.21.2), nudos engrosados, entre

nudos cortos en zigzag (Fig.21.4) y deformación total de la planta por acción de los tubérculos aéreos (Fig.21.3). Lo anterior es contradictorio a lo que CENTA respaldaba, que mil adultos por planta, no causan daño. (CENTA, 2002).



Fig.21 Síntomas observados debido al daño de adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.3 OTROS RESULTADOS.

4.3.1 Análisis de observaciones de la parcela experimental montada para la captura de insectos.

La parcela (144 m²) de papa (Variedad Atzimba) montada para la captura de insectos había permanecido en barbecho por ocho años, el cultivo no recibió ningún control contra insectos, solo para enfermedades fungosas. Durante las visitas que se realizaron al lugar se paso la red entomológica con el objetivo de monitorear la población de insectos. Con respecto a *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* se observo que su dinámica poblacional no es estable, lo mismo que su relación macho – hembra, ya que se pudo apreciar que las hembras de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* son ligeramente mas abundantes en la primera fase de crecimiento del cultivo, y conforme pasa el tiempo y el cultivo envejece, las poblaciones de macho van aumentando, hasta llegar a ser mayores que las poblaciones

de hembras y finalmente casi se igualan las cantidades de ambos sexos con ligera predominancia de hembras (σ/φ : 0.8-1.5) (Fig. 22).

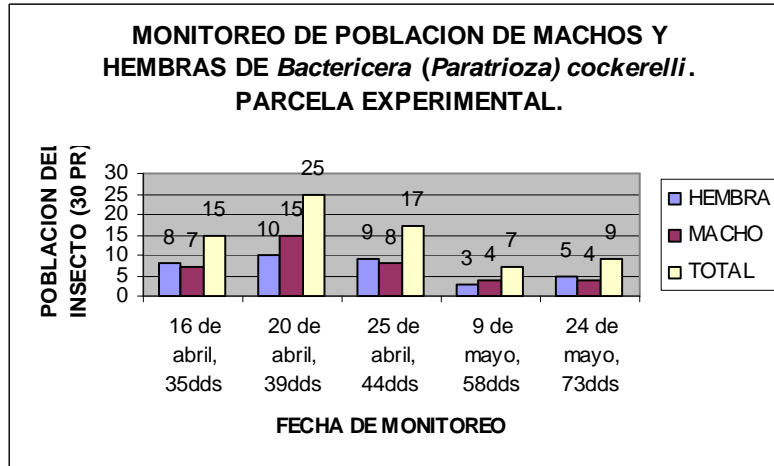


Fig. 22. Monitoreo de población de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* en la parcela experimental.

4.3.2 Análisis de observaciones de parcelas comerciales de cultivo de papa

En las visitas que se realizaron en algunas parcelas de los productores, también se pasó la red entomológica con el objetivo de comparar la población del insecto con respecto a la parcela experimental, estas parcelas llamadas comerciales, son manejadas químicamente, cultivadas todo el año en su mayoría con cultivos de repollo, tomate y papa. La Fig. 23 muestra los niveles de población de *Paratrioza* en sus diferentes estadios así como la dinámica del insecto a medida que la fenología del cultivo avanza. Se puede notar que el nivel de población es más alto cuando la planta está cercana a su cosecha, posiblemente se deba a que 15 días antes de ser cosechada los agricultores disminuyen la aplicación de insecticidas, previa a esta etapa el gráfico muestra niveles de insectos muy bajos. Con la relación macho – hembra hay una variación de 1:1 pasando a 2.5: 1 (Fig. 23).

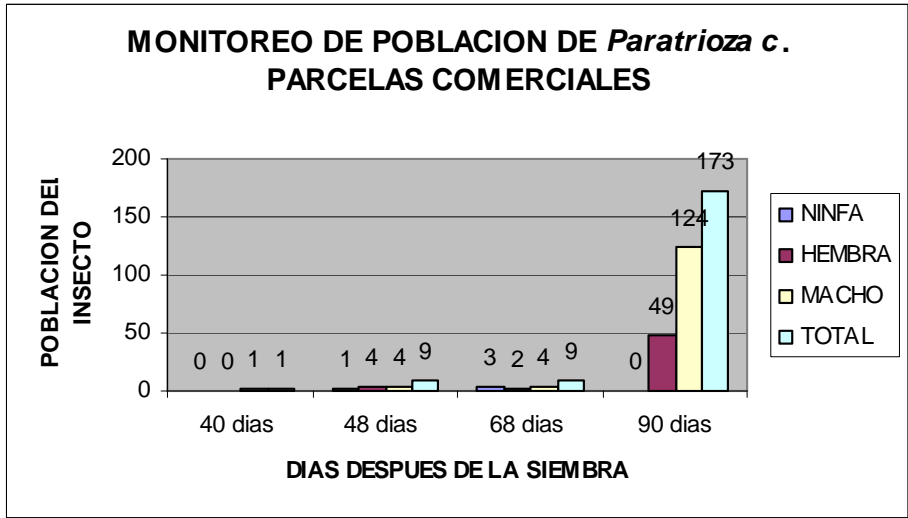


Fig. 23. Monitoreo de población de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* en parcelas comerciales de papa, a diferentes edades.

En la Fig. 24 es posible observar una proyección general de la producción de la parcela experimental (144 m²). Se tomó las consideraciones de los agricultores Carlos Reyes y Sonia de Reyes (Clase “A”; el tubérculo cabe en la palma de la mano sin que los dedos puedan cerrarse, Clase “B”; el tubérculo cabe en palma de la mano y el dedo pulgar queda sobre el dedo medio y el anular, Clase “C”; caben dos ó tres tubérculos en la palma de la mano) recordando que no se le aplicó insecticida, la variedad de semilla utilizada fue Atzimba proveniente de Guatemala, recibió dos fertilizaciones con fórmula 15-15-15., se eliminó la maleza solo en una ocasión y el riego fue aplicado cada 2 ó 3 días.

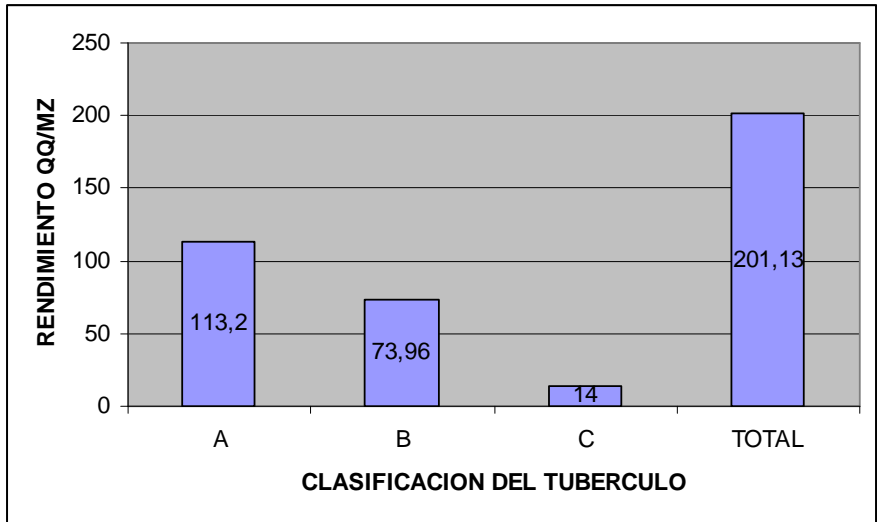


Fig. 24. Estimación de rendimiento de papa en parcela experimental.

A pesar que la parcela experimental no fue manejada de una manera correcta y eficiente podemos decir que la producción obtenida es exitosa, si se suman las clases A y B, estas representan el 90 % de tubérculos comerciales y el 10 % considerado por los agricultores para semilla. En los últimos años la zona ha tenido producciones promedio entre 300 – 400 qq/mz., pero de esta producción un 40 % y en algunos casos hasta el 100 % puede ser no apta para la comercialización mucho menos para semilla, mayormente debido a daño de insectos y principalmente por *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*. Cabe mencionar que la parcela sufrió el ataque de hongos, pero estos fueron controlados con Carbendazim; dosis 0.75 ml/lt y Propamocarb; dosis 1 ml/lt. El ataque mas notorio en plantas se debió a la “pulga saltona”: *Epitrix sp* (Coleóptero: Chrysomelidae), cuyo daño consiste en la perforación foliar en su totalidad de la planta, no se estudio a fondo si este daño afecta la producción en la planta, pero si sabemos que las larvas perforan los tubérculos y existen referencias que *Epitrix* disemina enfermedades bacterianas.

En la Fig. 25 se puede observar una estimación general de producción de plantas sanas (consideradas por los productores), se tomaron cuatro plantas al azar, existió una relación casi del 1:1 con respecto a tubérculos comerciables y tubérculos para semillas. Teniendo un rango de producción de 14 – 16 tubérculos por planta.

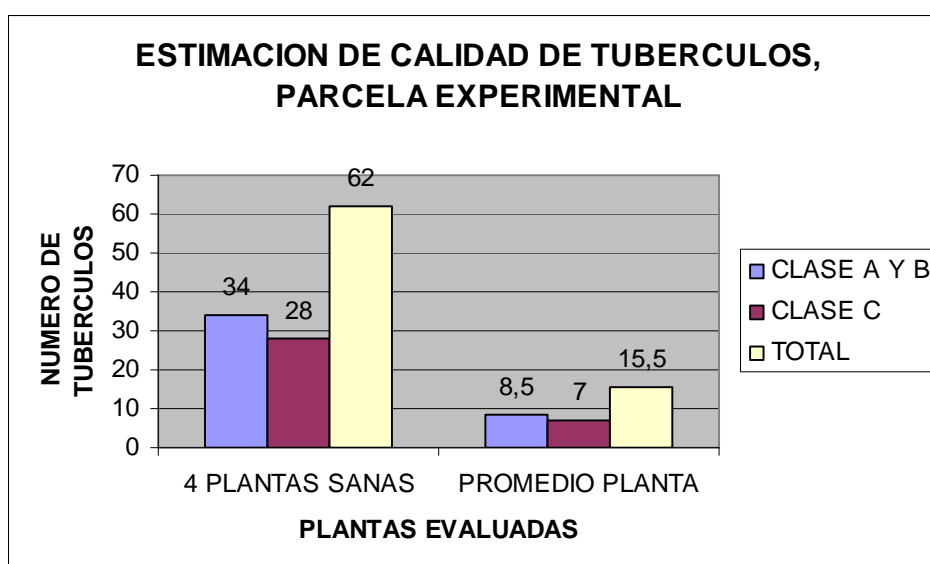


Fig. 25. Estimación de calidad de tubérculos, parcela experimental

En la Fig. 26 se presentan algunas imágenes que se observaron en la parcela experimental. Se sembró la variedad Atzimba, la cual siempre viene mezclada con Tolloccan por no ser semilla certificada y en el último surco de la parcela se sembraron 10 tubérculos de la variedad Russet proveniente de E.U., con el objetivo de comparar su comportamiento con respecto a las otras variedades.



26.1 Plantación de papa sana en floración (Variedad Atzimba); 26.2 Variedad Tollocan en floración, con síntomas de punta morada; 26.3 Parcela experimental de papa Atzimba con síntomas de punta morada; 26.4 Planta de papa (variedad Atzimba) con amarillamiento apical y colocha; 26.5 Plantas de papa (variedad Russet) debilitadas por la colocha y con hojas necrosadas por tizón tardío, junto a una plantación de papa atzimba, que demuestra su adaptabilidad y resistencia a las condiciones de la zona; 26.6 Planta de papa (Variedad Russet), con síntomas de colocha y dañada por tizón tardío.

Fig. 26. Imágenes observadas en la parcela experimental.

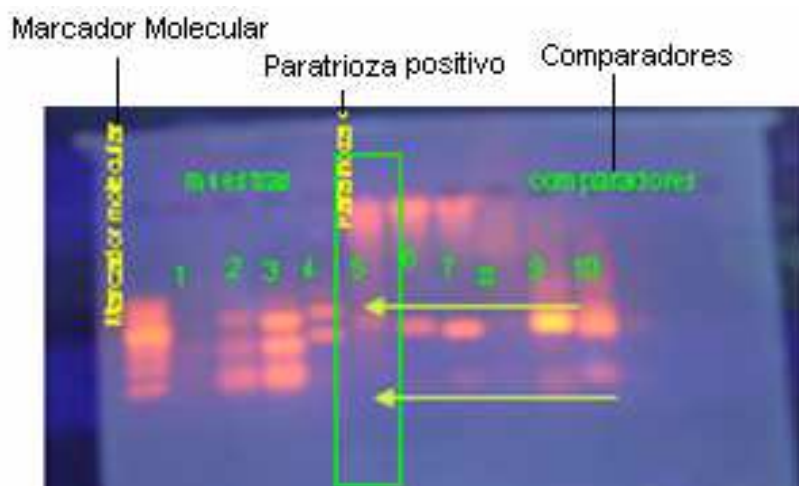
4.3.3 Análisis de fitoplasma en adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* y tejidos vegetales de papa y tomate.

Al finalizar la toma de datos de los experimentos, se procedió a tomar muestras de tejido vegetal meristemático, para realizarles análisis de fitoplasma, con el mismo fin se procedió a coleccionar *Paratriozas*. Con la cooperación del CENTA a través de la Ing. Reina de Serrano las muestras de tejido vegetal y de adultos de *Paratrioza* fueron analizadas para buscar la presencia de fitoplasma, unas muestras de tejido vegetal se enviaron a España al Dr. Javier Romero del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA), las cuales resultaron negativas a fitoplasma; y otras muestras fueron analizadas en Nicaragua (tejido vegetal y adultos de *Paratrioza*) en el curso de Entrenamiento de Diagnostico Molecular de

Virus y Fitoplasmas en América Latina, auspiciado por el CNIA/INTA de Nicaragua realizado del 28 de enero al 1 de febrero de 2008 en INTA, Managua, Nicaragua.; impartido por la Dra. Yaima Arocha Rosete, investigadora Cubana del CENSA de Cuba y de Rothamsted Research Station, UK. en el cual participo la Ing. Reina de Serrano, jefa del Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, quien llevo las muestras de tejidos vegetal y paratrizos a las cuales se les realizaron las pruebas de PCR y electroforesis, de las cuales los tejidos vegetales dieron negativos para fitoplasma y las de adultos de *Paratrizo* resultaron positivas en los análisis de electroforesis, usando el método: Nested PCR for phytoplasmas, con los primers R16mF2:5'-CATGCAAGTCGAACGGA-3' y R16mR1:5'-CTTAACCCCAATCATCGAG-3' y rU3:5'-TTCAGCTACTCTTTAACA-3'. (Fig.27)

Según la Ing. Reina de Serrano los análisis de fitoplasma hechos a las muestras de tejido vegetal en España y Nicaragua, dieron negativos debido a que la muestra solo era de tejido meristemático, y para tener mayor seguridad tenia que analizarse completamente la planta, ya que los fitoplasmas pueden o no estar presentes en diferentes partes de la planta.

Además de este análisis de fitoplasma, se realizaron otros en tejido vegetal, los cuales resultaron positivos. (Ver Anexo 10).



Fotografía tomada por: Ing. Reyna de Serrano / Feb – 08 Nicaragua.

Fig. 27. Análisis de electroforesis, donde *Bactericera (Paratrizo) cockerelli* (adulto) salió positivo al fitoplasma. Correspondiente a la banda N° 5.

4.3.4. Apareamiento de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

Apareamiento e identificación de macho y hembra de *Paratrioza cockerelli*:

El macho se coloca paralelamente a la hembra, sujetándola con unas estructuras llamadas claspéres, y luego este pasa su abdomen por debajo del de la hembra, con lo cual consigue acoplarse, ya que la genitalia externa del macho se localiza en la región dorso caudal, y la hembra la posee en la región ventro caudal.

Esta actividad puede durar varios minutos. Y por lo general se da en el haz de las hojas, en horas calidas y con poca actividad de vientos. En condiciones de confinamiento en recipientes plásticos con buena ventilación incrementan la actividad sexual.

Luego de haber observado una pareja de *Paratriozas* apareándose, se procedió a su captura y posteriormente fueron sometidas a temperaturas de congelamiento (-10°C), durante seis días luego de los cuales se comprobó que aun estaban vivas, y se identifico hembra y macho. (Fig 28)

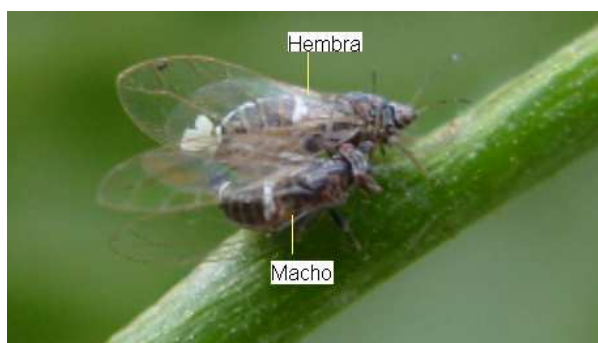


Figura 28. Apareamiento de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

4.3.5. Identificación del macho y hembra de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

En la figura se puede observar que las diferencias morfológicas externas entre el macho y la hembra, se encuentran en la región caudal del abdomen. La hembra posee su órgano reproductor en la parte ventro caudal, en forma de pico de perico: ovipositor, (Fig. 29.B); y el macho posee clasperes (Fig. 29.C) en la región dorso caudal, y es mas visible que el de la hembra, debido a que es una protuberancia de color negro y brillante, además se puede observar un pequeño anillo blanco que rodea la región caudal, también se observa que la

forma general del abdomen del macho es menos voluminoso que el de la hembra, aunque no siempre es igual en todos los machos. (Fig. 29 A)

En caso de confusión basta con revisar la existencia de claspéres, que solo posee los machos en la parte caudal.



Fig. 29 Identificación sexual de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.
Imagen B y C; cortesía de Ing. Leopoldo serrano.

4.3.6 Hongo entomopatogeno nativo de las pilas (*Cladosporium sp*)

En junio del 2007 el Br. Estrada Miguel, Observo y colecto muestra de ninfas y adultos de *Paratriozas cockerelli* cubiertas de un hongo, en una plantación de tomate, propiedad del Agricultor Arnulfo Chávez, ubicado en el Caserío las Aradas del Cantón las Pilas Chalatenango posteriormente se analizaron las muestras. En segunda oportunidad fue encontrado por El Ing. Leopoldo Serrano en la misma parcela, dos semanas después la primera observación. Las muestras en sus dos ocasiones fueron analizadas en el Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA por la Ing. de Reina de Serrano, cuyos análisis dieron como resultado que dicho hongo pertenece al genero *Cladosporium*, estas muestras están aisladas en el Laboratorio de Parasitología vegetal del CENTA para futuras

investigaciones. En la Fig. 30 se puede observar como el hongo ha invadido a dos estadios de *Paratrioza cockerelli*, ninfa y adulto.



30.1

Ninfa invadida por *Cladosporium sp.*



30.2

Adulto invadido por *Cladosporium sp.*

Figura 30 .Hongo entomopatogeno nativo de las pilas (*Cladosporium sp*)

4.3.7 Pulgones Subterráneos. (Homópteras; Aphididae)

Otro de los resultados no programados de esta investigación, fue el hallazgo de pulgones alimentándose de tubérculos bajo el suelo, encontrados en la parcela pre-experimental que se estableció con la variedad Atzimba para la observación y captura de *Bactericeras* (*Paratriozas*), cuando el cultivo tenía dos meses y medio, con tubérculos de tamaño comercial. Se observó que los pulgones al alimentarse dejaban sobre los tubérculos secreciones viscosas, y un aspecto de descomposición o podredumbre en los mismos. (Fig 31)

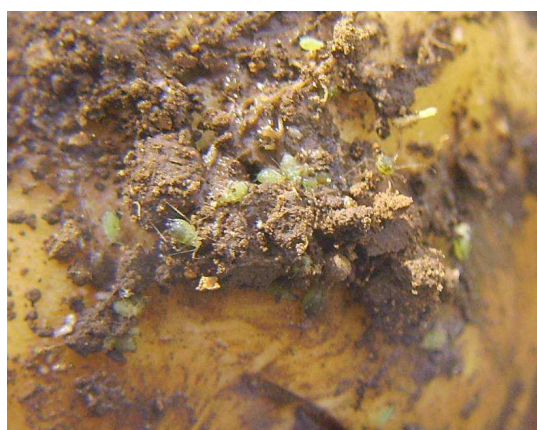


Fig. 31 pulgones encontrados subterráneamente, alimentándose de tubérculos.

4.3.9 Hospedero de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

Esta planta fue encontrada en el Caserío Las Cumbres en un lugar libre de cultivos de solanáceas, siempre de la misma zona alta de Las Pilas en una plantación de Aguacate Haz, propiedad del señor Eduardo Santamaria. Los agricultores del lugar la conocen con el nombre de “Tapa”. En esta planta se encontraron: Huevos, Ninfas y Adultos de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* en abundancia.

La especie *Datura stramonium*, llamada vulgarmente: **estramonio, floripón, burladora, chamico, hierba del Diablo, hierba hedionda, higuera del infierno**, entre otros; es una planta tóxica de la familia de las solanáceas. Suele confundírsele con el **toloatzin** o **toloache** mexicano (*Datura innoxia*) y con el **floripondio**, que pertenece a la familia de las *Brugmansias*.

Clasificación Taxonómica: Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae, Orden: Solanales, Familia: Solanaceae, Género: *Datura*

Esta especie de hábito terrestre, crece en bosque de encino, pino, pino-encino y otras coníferas, a una altitud de 1900 a 2500 msnm. Se puede encontrar también a menor altitud, especialmente en terrenos que han sufrido perturbaciones y tienen altos contenidos en nitrógeno como huertas recién labradas, terrenos removidos para construcción, entre otros.

Es una planta nativa de Sudamérica y la India, en la actualidad es cosmopolita. (Fig. 33)

Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Datura_stramonium

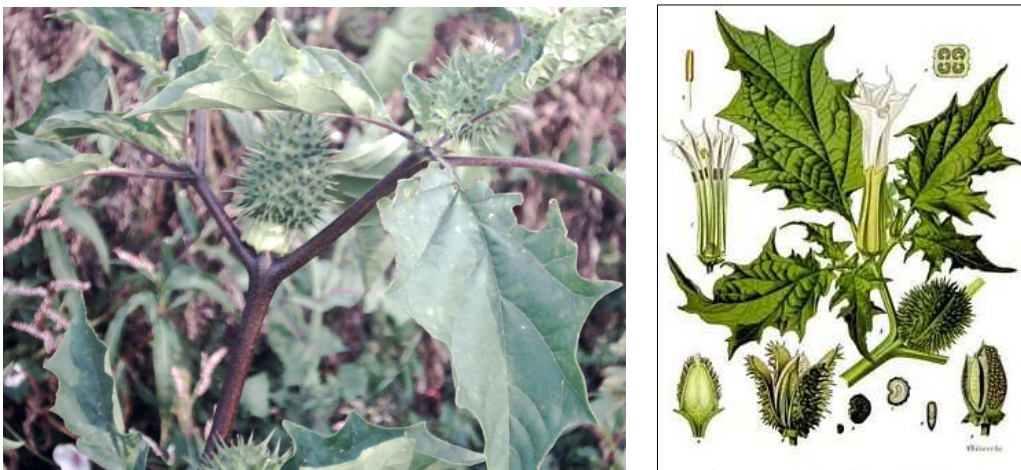


Fig. 33. Hospedero de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* (*Datura stramonio*) Solanácea conocida como Tapa en El Salvador.

4.3.10 Otra especie de *Bactericera* (*Paratrioza*).

Esta paratrioza, fue encontrada por Miguel Estrada el 20 de abril de 2008 en una pequeña parcela de papa de la variedad Soloma e Ictafric muy dañada por Punta Morada, propiedad del agricultor: Saúl Regalado, en el Caserío Las Aradas del Cantón Las Pilas, se encontró en una planta con flores moradas, primero una y luego aproximadamente diez de la misma especie, cuya característica es: La coloración blanca de la parte ventral del abdomen y de las antenas. Estas habían sido atrapadas por una tela de araña, las cuales aun estaban vivas, además se encontró a la araña responsable de la tela alimentándose de estas.

Luego del hallazgo se prosiguió en busca de más paratriozas de la misma especie sin éxito.

(Fig.34)

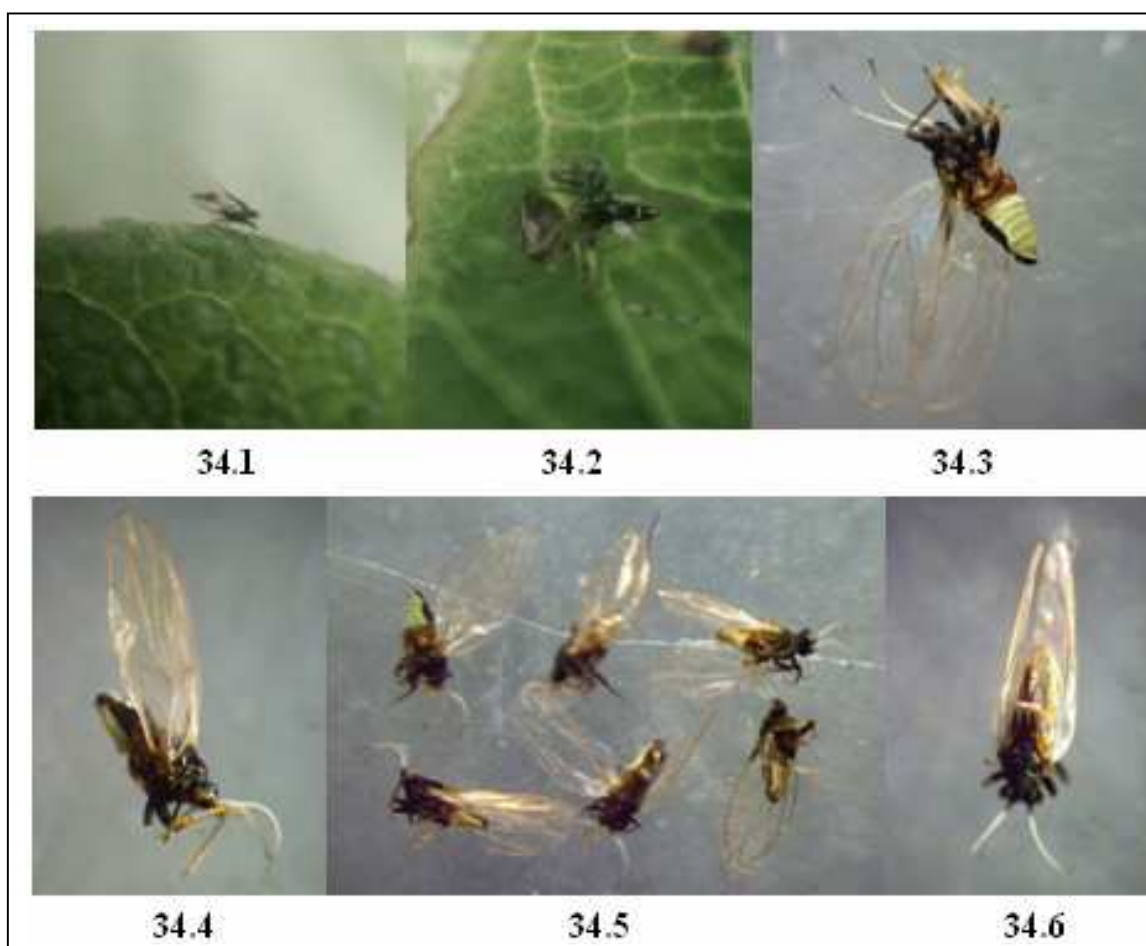


Fig. 34 Especie de *Paratrioza* no identificada

5. CONCLUSIONES

- 5.1 Estadísticamente se comprobó que adultos y ninfas de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* es causante de la siguiente sintomatología en la papa; tubérculos aéreos, entre nudos cortos en zigzag, nudos engrosados, brotación excesiva, colocha y punta morada en el cultivo de la papa, bajo condiciones propias de la zona en estudio.
- 5.2 Se determinó que el mayor daño en el cultivo de la papa es causado por el estado juvenil del insecto (ninfa), ya que influye significativamente en el rendimiento del cultivo.
- 5.3 El rendimiento en el cultivo de papa no es afectado significativamente por el daño ocasionado por los adultos de *Paratrioza*.
- 5.4 La sintomatología ocasionada por las ninfas de *Paratrioza* en el cultivo difiere de la ocasionada por adultos.
- 5.5 La enfermedad punta morada o colocha es responsable de altas pérdidas económicas en el cultivo de la papa, siendo estas hasta del 100 por ciento.
- 5.6 Algunas poblaciones de *Paratrioza cockerelli* en El Salvador según análisis de electrofóresis son positivas como vector y transmisor de fitoplasma.
- 5.8 Se logró determinar la existencia de dos especies de *Paratrioza cockerelli* en Las Pilas Chalatenango El Salvador.
- 5.9 Al estudiar con detalle *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*, que en la literatura lo clasifican como Psyllidae; según la venación de sus alas anteriores, corresponden a la estructura de un Triozidae.
- El cultivo de la papa en El Salvador también puede estar afectado por otra especie de *Bactericera (Paratrioza)*, cuya abundancia es mínima actualmente y se desconoce su importancia agro ecológica.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1 Brindar mas apoyo a los productores de papa de la zona alta de Chalatenango por parte de las autoridades Gubernamentales correspondiente y un llamado especial a las autoridades de turno de la Facultad de Ciencias Agronómicas para que retomen la investigación y la proyección social en la Zona.
- 6.2 Evaluar diferentes variedades de papa existentes en la zona, para determinar la posibilidad de encontrar variedades tolerantes al fitoplasma transmitido por el insecto, como por ejemplo: Tollocan, Soloma e ICTAFRIT; según consideraron los agricultores locales.
- 6.3 Evaluar el daño que puede ocasionar, el pulgón subterráneo que se encontró alimentándose de los tubérculos de papa en la parcela que se instalo y manejo sin insecticidas.
- 6.4 Estudiar las consecuencias en la salud humana que pueda ocasionar el consumo de papas enfermas con fitoplasma.
- 6.5 Llevar a cabo capacitaciones en los agricultores, sobre Buenas Practicas Agrícolas (BPA) y de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el cultivo de la papa.
- 6.6 Implementar un programa MIP, haciendo uso de mini tubérculos provenientes de vitro plantas, trampas de colores, hongos entomopatogenos, y trampas feromonales.
- 6.7 Realizar un estudio que determine el ciclo biológico de *Paratrioza cockerelli*, bajo condiciones climáticas de la zona alta de Chalatenango.
- 6.8 Establecer investigaciones en el control del insecto en sus diferentes estadios, que sean sostenibles y amigables con el medio ambiente, sean estos; cultural, fisico, biológico, etc., dejando en última instancia el químico.
- 6.9 Capacitar a los agricultores en métodos de selección y almacenamiento de semilla, que garanticen la calidad fitosanitaria, así como niveles aceptables de producción de la misma.
- 6.10 Evaluar el hongo *Cladosporium spp.*, encontrado en la zona, bajo esta investigación y otras especies, como posibles recursos de control biológico para *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* y otros insectos.

6.11 Evaluar el uso de micro y macrotúneles, en la producción de semilla sana de papa.

6.12 Destruir los rastrojos del cultivo de papa, chile, y en especial los de tomate, ya que es donde mas se reproduce el insecto, y de ser posible crear una ley o reglamento interno para sancionar a la persona que no lo haga.

6.13 Eliminar todas las plantas de Tapa (*Datura stramonium*) que se encuentren cercanas al área de cultivo de papa o tomate, antes de su establecimiento.

6.13 Iniciar estudios sobre otras especies de Psyllidae observadas en papa y otras solanáceas en la zona de Chalatenango.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP) s,f. Congreso Internacional de la Papa, Punta Morada, México, disponible en; <http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp?id=2223>
- Bringas G. Luís, un nuevo ingrediente activo derivado de los ácidos tetronicos presenta acción insecticida y acaricida con selectividad a insectos benéficos, Una publicación de Meister. Agosto 2005 PRODUCTORES de HORTALIZAS ESPECIAL de TOMATE.
- Caldwell, J. S. 1941. A preliminary survey of mexican psyllidae (Homoptera). Ohio
- Celaya G. 2004. Ficha técnica *Paratrioza cockerelli*, Programa de Sanidad Vegetal. SAGARPA – Gto; México.
- Centro de Agronegocios de Santa Fe, (CASFE) Honduras s,f, Perfil del Mercado de la papa. Mundial, Regional y Nacional, correo electrónico; santafeagro@amnettgu.com
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) 2002, Guía Técnica Cultivo de la papa.
- De León S. y Chávez A., 2004, EVALUACION DE INSECTICIDAS PARA EL MANEJO DEL PSILIDO DE LA PAPA *Bactericera cockerelli* Sulc. (Homóptera: Psyllidae), Guatemala.
- Enfermedades Transmitidas por Virus – Fitoplasma, s,f, disponible en; <http://www.sdr.god.mx/contenido/cadena%20productivas/plagas/13.pdf>
- Federación Agraria de Argentina, s,f. presente en México, Congreso Internacional de papa, disponible en; <http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp?id=2223>
- Félix Castro, G. 2005, Evaluación de la efectividad biológica de Óberon 2 SC (Spiromesifen) en mezcla con dulticidas para el control de Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc) en jitomate (*Lycopersicon esculentum*) disponible en; http://tiny.uasnet.mx/dir/dir_en_linea/ct/noticia.asp?id=262
- Franco Rivera, J. A., et al, 2002, El cultivo de papa en Guatemala, disponible en: http://www.icta.gob.gt/fpdf/recom_/hortalizas/cuttivopapagt.PDF.
- Flores Oliva, A. et al s,f. Alternativas de manejo de la punta morada en la papa, disponible en: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Carteles/ALBERTO-FLORES-OLIVAS.pdf>

- García J, Rodríguez R, 1998. Transmisión y control de la enfermedad punta morada de papa, disponible en; <http://www.redepapa.org/refugio.pdf>
- <http://www.elsalvador.com/hablemos/150603/150603-5.htm>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuario, s.f. MIC de la Papa, disponible en; <http://www.redepapa.org/herramientasaprendizaje.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) 2000. Manual para la producción de papa en las sierras y valles altos del centro de México, disponible en; <http://www.inifap.gob.mx/publicaciones/tecnica/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20papa%20en%20las%20sierras%20y%20valles%20altos%20del%20centro%20de%20Mexico.htm>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, (INTA) 2004, Guía MIP en el cultivo de la papa.
- Lastres de Rueda, s.f, La *Paratrioza cockerelli* CDA/Fintrac. (presentación en PowerPoint, cortesía)
- López Urquidez, A. 2005, Evaluación Subprograma de Sanidad Vegetal 2005, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía.
- MARN-IABIN, Ficha Técnica-Proyecto Especies Invasoras, 2001, disponible en; www.iabinus.org/projects/i3n/i3nproductafterpilot/elsalvadorcd/faunain/paratriozacockerelli.
- Martínez Soriano, et al. s.f. Detección molecular del agente causal del síndrome "bola de hilo" de la papa en semillas infectadas y sintomáticas disponible en; <http://www.bioline.org.br/request?ba99016>
- Martínez Soriano, J. P. s.f. Etimología y ecología de agente causal de los síndromes "bola de hilo" y "punta morada" de la papa en México, disponible en; <http://www.redepapa.org/beres.pdf>
- Moctezuma Gutiérrez, R.C. Sánchez Arizpe, A. s.f. Epidemiología de hongos de suelo asociados al síntoma de Punta morada en papa en México, disponible en; <http://www.redepapa.org/articulatoroberto.pdf>
- Núñez Rojas, K. s.f. El cultivo de la papa en Perú, tomado de; <http://www.monografias.com/trabajos35/cultivo-papa-peru/cultivo-papa-peru.shtml>
- Panames Guerreo, A. s.f. Uso potencial de especies del león de los afidos como agentes de control biológico del psilido de la papa *Paratrioza cockerelli* (Sulc).

Disponibles en: http://www.uaaan.mx/DirInv/Resul_PI04/MEMORIA_2004/ParasitAgricola/APamanesGuerrero.doc

- Programa de Investigación de la Papa, s.f. Como reconocer y evitar la Planta Morada en el cultivo de la Papa, disponible en; <http://www.redepapa.org/morada.pdf>
- Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), 2005, Acta de la Catorceava Asamblea General de la Sociedad. Celebrada en Panamá.
- Salazar, L, F. s.f. Identificación y control de enfermedades virales y fitoplasmas de la papa, disponible en; <http://www.redepapa.org/salazar1.pdf>
- Salazar, L, F. s.f. Fitoplasmas: un factor negativo para la producción de semilla de papa, disponible en; <http://www.condesan.org/e-foros/InfoPapa/papa27.htm>
- Serrano Cervantes L, Pérez D, 2007, Valoración del contexto Agroecológico del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la zona alta de Chalatenango, El Salvador”, abril 2005 agosto 2006, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Unidad de Postgrado.
- Whitney S. Cranshaw, 1993, Technical Bulletin TB93-5, An Annotated Bibliography of Potato/Tomato Psyllid, *Paratrioza Cockerelli* (Sulc) (Homoptera; Psyllidae). Colorado State University.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Datura_stramonium#Comestible

ANEXOS

Anexo 1. Formato para toma de datos.

Cuadro de observación de sintomatología desarrollada en papa, por la infestación de
“ninfas o adultos” de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

Fecha _____ días después de montado el experimento _____ hora _____
 Inspector _____ Anotador _____
 Descripción _____ condiciones _____ meteorológicas, _____ días
 anteriores _____
 _____ día de toma de
 datos _____

| Variable a evaluar: | | | | | Otras observaciones. |
|---------------------|----|----|----|----|----------------------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | |
| R1 | | | | | |
| R2 | | | | | |
| R3 | | | | | |
| R4 | | | | | |
| R5 | | | | | |
| R6 | | | | | |

Variables a evaluar: número de tubérculos aéreos, peso de tubérculos por tratamientos, número de tubérculos comerciales, descripción de desorden fisiológico en las plantas. Etc.

Anexo 2. Distribución de tratamientos en campo, experimento de ninfas y adultos.

| | | | | |
|-----|----|----|----|----|
| R1— | T1 | T0 | T3 | T2 |
| R2— | T2 | T0 | T3 | T1 |
| R3— | T1 | T2 | T0 | T3 |
| R4— | T3 | T1 | T2 | T0 |
| R5— | T1 | T2 | T0 | T3 |
| R6— | T3 | T0 | T1 | T2 |



Ninfas

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| R1— | T-1 | T-0 | T-3 | T2 |
| R2— | T-3 | T-0 | T-1 | T-2 |
| R3— | T-2 | T-1 | T-3 | T-0 |
| R4— | T-1 | T-0 | T-2 | T-3 |
| R5— | T-3 | T-2 | T-1 | T-0 |
| R6— | T-0 | T-1 | T-3 | T-2 |

Adultos

R: Repetición: 1 – 6.

T: Tratamiento: T1=10 Ninfas; T2= 20Ninfas; T3= 30 Ninfas; T0= 0 Ninfas

T: Tratamiento: T1=10 Adultos; T2= 20Adultos; T3= 30 Adultos; T0= 0 Adultos

Anexo 3. Planta de papa con síntomas conocidos como amarillamiento de los Psyllidos.



Síntomas típicos del amarillamiento de los psyllidos, observados en una plantación comercial en el caserío Sumpul del Cantón El Centro, Municipio de San Ignacio

Anexo 4. Ciclo de vida de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* observada en campo.



4.1 A y B. Oviposición típica de *Paratrioza cockerelli*; 4.2 Ninfas en sus estadios finales; 4.3 Adulto recién emergido; 4.4 Adulto maduro; 4.5. A y B. Apareamiento de adultos.

Anexo 5. Artrópodos observados en la parcela experimental de papa.



1. Homóptera: Aphididae sp



2. Homóptera: Aphididae sp



3. Huevo de Lepidóptera



4. Hemíptera: Largidae



5. Hemíptera: Pentatomidae



6. Aranea: Salticidae



7. Coleóptera, Lycidae



8. Homóptera, aphididae



9. Huevo de Lepidóptera



10. Díptera dolichopodidae



11. Coleóptero coccinellidae



12. Lepidóptera



13. Coleóptero Rhynchophoridae



14. Lepidóptera



15. Coleóptero cantharidae



16. Coleóptero chrysomelidae



16. Homóptera aphididae sp



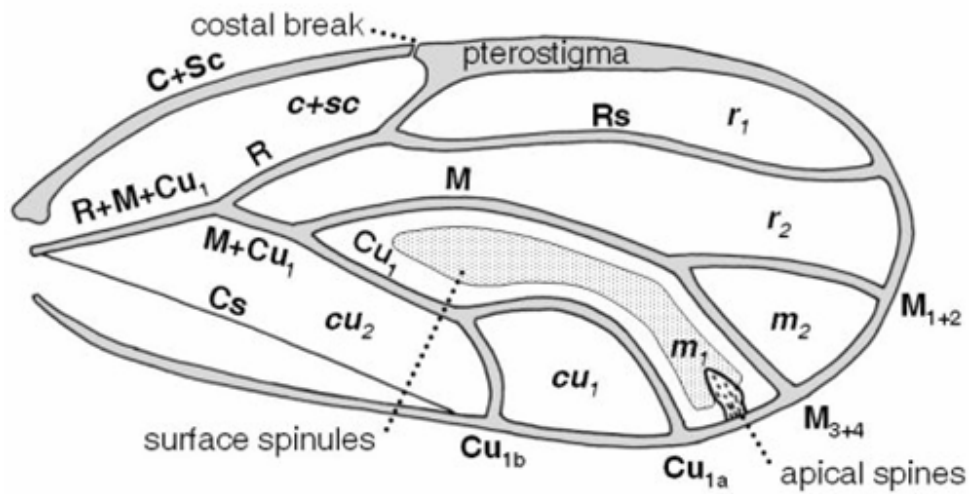
17. Díptera bibionidae



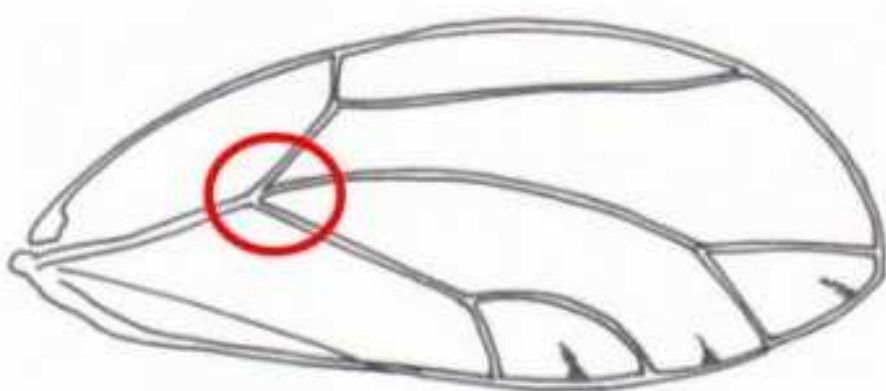
18. Hemíptera pentatomidae

Anexo 6. Diferencia morfológica en la Ala anterior de Psyllidae y Triozidae.

Ala anterior típica de Psyllidae adulto.



Ala anterior típica de Triozidae adulto, con trifurcación de venas: R+M+Cu1 y ausencia de pterostigma



Tomado de <http://www.psyllids.org/psyllidsMorphology.htm>, Autora: Diana M. Percy.

Subject: RE: Saludos desde El Salvador
Date: Thu, 28 Feb 2008 16:51:13 +0100

Querida Reina Flor:

Perdona, pero se me ha pasado el escribirte para enviarte los resultados de los trabajos realizados, estabas en la agenda y no sé cómo no lo he hecho

Hemos analizado todas las muestras que me enviaste, utilizando dos métodos distintos de extracción del DNA, primero usando un kit de obtención de DNAs de Quiagen y después hemos utilizado el método de laboratorio usando CTBA, que es común en todos los laboratorios, y con este DNAQ lo hemos probado para la presencia de Fitoplasmas usando la PCR con los cebadores universales.

Después de todo este trabajo que nos ha llevado más de un mes de trabajo no hemos encontrado ni una sola muestra con infección de Fitoplasmas, mientras que nuestros controles positivos y negativos fueron buenos en las PCR realizadas.

La verdad que lo siento, porque era el primer interesado en encontrar Fitoplasmas, sin embargo no ha sido posible.

En cuanto a virus no hemos realizado ningún ensayo ya que solo buscamos Fitoplasmas en las muestras y no encontramos nada.

Actualmente estamos analizando los insectos que también vienen del El Salvador para ver si alguno tiene Fitoplasmas, pero hasta el momento no hemos encontrado nada.

Mi opinión es que lo que tenéis probablemente allí sea un virus, y para estar seguro de esto, antes de realizar un trabajo mayor, podéis realizar algunos injertos en papa y tomate y ver si sois capaces de transmitir los síntomas. Si hay transmisión de síntomas probablemente sea un virus y allí también podéis ver si se transmite mecánicamente o no, así iréis descartando algunos grupos de virus y acortando el diagnóstico. De lo contrario va a ser muy difícil saber cuál es la causa que produce estos síntomas. Nosotros no trabajamos con virus de papa y de tomate, por lo tanto no tenemos antisueros de los principales virus que atacan estas plantas, aunque por la dificultad que tenéis no debe ser un virus muy conocido.

En fin ya me estaréis comentando como van los trabajos ya que ahora las estrategias de trabajo y la forma de enviar el material para analizarlo fuera puede cambiar de manera más radical.

Sintiéndolo mucho estos son los resultados, un abrazo

Dr. Javier Romero Cano

Departamento de Protección Vegetal

INIA

Carretera de La Coruña km. 7.0

28040- Madrid

Tel.: 34 91 347 6886

Fax: 34 91 357 3107 Email: romero@inia.es

Anexo 8. Carta para Lic. En Biología Laura Hernández de Tamaulipas. México

Saludos y pregunta acerca de adultos de Paratrioza de El Salvador
De: **Leopoldo Serrano Cervantes** (lcervan@hotmail.com)
Enviado: martes, 04 de marzo de 2008 03:27:32 p.m.
Para: laurear@uat.edu.mx; mclauramx@yahoo.com.mx
CC: lcervan@hotmail.com

Estimada Maestra Laura Hernandez:

Reciba al recibo del presente mensaje, mis mas atentos saludos desde El Salvador, un pequeñito pais de América Central; pero con un gran corazon para brindarlo a todas las personas amigas como Usted. Espero que su labor diaria en el ámbito docente y de investigación le produzca muchos logros y valiosas experiencias.

El motivo especial de este mensaje, es el de preguntarle en relación a las dos muestras (en dos tubitos Eppendorf, para microcentrifuga) de adultos machos y hembras de saltarilla (para nosotros Homoptera : Psyllidae, Paratrioza sp.) de la papa y tomate,, que habían sido colectados en zonas altas de El Salvador (2000-2200 m.s.n.m.) en Julio de 2007 ; precisamente en tomate; y que yo tuve la oportunidad de dejarlas en sus manos en la primera semana de Octubre del año pasado, all{a en la UAT, en Ciudad Mante de Tamaulipas; con la peticion verbal que yo le expuse a Usted, en el sentido de remitir los insectos a otros investigadores en algunos estados y localidades de Mexico, donde tal plaga esté presente y se le conozca muy bien, como para que nos confirmen si en efecto la especie que tenemos en El Salvador, es Paratrioza cockerelli, o talvez otra especie del mismo género? ...

Mucho apreciaremos la cooperacion mexicana en este sentido, porque en estos próximos días, nuestros estudiantes tesisas Miguel Estrada e Ivan Rico Mejía, presentan su exposición para la evluacion académica final y su graduacion como nuevos Ingenieros Agrónomos de nuestra Universidad. Será de mucho honor y honra para nosotros, hacer mencion de su colaboracion en el documento final de la tesis y su publicación.

De antemano, le agradezco en primer lugar, su tiempo y molestias que se haya tomado para hacer las consultas taxonómicas respectivas sobre los especímenes; y en segundo lugar por favor le pido que haga llegar tambien nuestros sinceros agradecimientos a los investigadores o académicos que Ud. haya podido consultar al respecto. De paso aprovecho a pedirle un último favor para mis estudiantes y su trabajo escrito : si Uds. tienen alguna literatura relacionada con el reconocimiento de la plaga en mencion (Paratrioza cockerelli) que pudiesen facilitarnos alguna copia, quizá enviandolas por correo electrónico, para citarla en el documnto escrito.

No omitimoS manifestarle que tenemos la intencion de enviar para su Universidad, una copia del informe final de la tesis que estamos terminado en este mismo mes, confiando en que pueda servirles en alguna medida, como material de consulta para los usuarios de la Biblioteca de su institución

Quedando en espera de conoer sus comentarios sobre el particular, me suscribo

Atentamente:

Leopoldo Serrano Cervantes
(lcervan@hotmail.com)

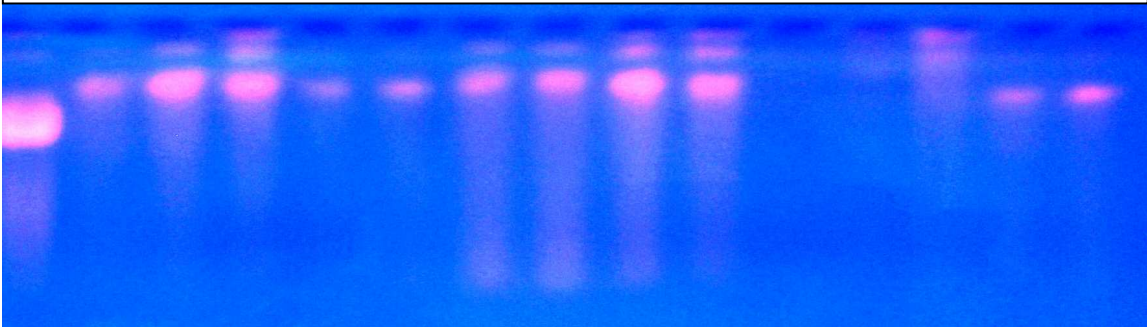
Ing. Agr. Docente de Entomología, en el Departamento de Proteccion Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador.

cc : Miguel Estrada
cc : Jesús Iván Rico Mejia

Anexo 9. Fotografías de Fitoplasma en tejido vegetal de papa.

Foto tomada por el ing. Agr. Adamid Beltrán, del departamento de frutales del Centa, en la cual comparó muestras de tejido vegetal de papa, con otras muestras de frutales que poseían fitoplasma, como lo son jocote y coco. Dando positivo a fitoplasma las muestras de papa (T2R4,T3R4, T3R4)

M1kb, Bo, Co, Gra, Raiz, Acu, hojas T2R4,T3R4, T3R4, T1R4, T1R4, ctrol neg, Al, + Jocot



Marker 1kb, **Botriocera**, **Coelidia**,
Graphocephala sp, **Raiz** de jocote, **Acutalis** sp,
hojas Jocote (AT2R4,AT3R4, AT1R4 papa), ctrol
neg, +Amarillamiento Letal coco, + **Jocote** CICY
Primer usado: R16mf2/R16R1

Fotografía tomada por la Dra. Arocha Rosete, investigadora Cubana del CENSA de Cuba y de Rothamsted Research Station, UK, Quien en el curso de Entrenamiento de Diagnostico Molecular de Virus y Fitoplasmas en América Latina, auspiciado por el CNIA/INTA de Nicaragua, llevo para Inglaterra muestras de tejido vegetal de papa de los experimentos realizados en las Pilas, Chalatenango, llevadas por la Ing. Reina de Serrano al curso, con el fin de detectar fitoplasma, y las cuales resultaron positivo.



Cuadro A 1 Rendimiento del cultivo de la papa (TM/Ha) en Centro América.

| Papas Rendimiento (Ton Métricas/Ha) | Año | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| Costa Rica | 26.51 | 26.17 | 24.40 | 24.88 | 24.88 |
| El Salvador | 22.98 | 23.60 | 22.32 | 22.80 | 22.80 |
| Guatemala | 23.34 | 23.62 | 23.62 | 26.94 | 26.94 |
| Honduras | 17.07 | 16.55 | 18.10 | 17.27 | 16.19 |
| Nicaragua | 12.86 | 13.25 | 13.18 | 13.33 | 13.47 |

Fuente: Faostat. <http://www.santafeagro.net/Boletines/boletin%20%20papa.pdf>
Centro de Agronegocios, Tegucigalpa, Honduras.

Cuadro A 2. Análisis de varianza: Variable tubérculos aéreos (Adultos)

| Fuentes de variación | G.L | S.C | C.M | F.Cal | Probabilidad |
|----------------------|---------|---------|--------|-------|--------------|
| Tratamientos | 3 | 125.458 | 41.819 | 8.350 | 0.0008 |
| Error Experimental | 20 | 100.167 | 5.008 | | |
| Total | 20-1=23 | 225.625 | | | |

Cuadro A 3. Análisis de varianza: Variable tubérculos aéreos (Ninfas)

| Fuentes de variación | G.L | S.C | C.M | F.Cal | Probabilidad |
|----------------------|---------|---------|--------|-------|--------------|
| Tratamientos | 3 | 272.333 | 90.778 | 5.252 | 0.0078 |
| Error Experimental | 20 | 345.667 | 17.283 | | |
| Total | 20-1=23 | | | | |

Cuadro A 4. Análisis de varianza: Variable Producción (Ninfas)

| Fuentes de variación | G.L | S.C | C.M | F.Cal | Probabilidad |
|----------------------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| Tratamientos | 3 | 0.530 | 0.177 | 5.233 | 0.0079 |
| Error Experimental | 20 | 0.675 | 0.034 | | |
| Total | 20-1=23 | | | | |

Cuadro A 5. Análisis de varianza: Variable Producción (Adultos)

| Fuentes de variación | G.L | S.C | C.M | F.Cal | Probabilidad |
|----------------------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| Tratamientos | 3 | 0.109 | 0.036 | 1.895 | 0.1630 |
| Error Experimental | 20 | 0.384 | 0.019 | | |
| Total | 20-1=23 | | | | |

Cuadro A 6. Prueba estadística (D.M.S). Del análisis de varianza: Producción de tubérculos comerciales por efecto del daño de ninfas de *Paratrioza cockerelli*.

| PRUEBA D.M.S | | |
|--|-------|--------|
| Producción de tubérculos. Comerciales, por efecto de ninfas <i>Paratrioza cockerelli</i> . | | |
| TRATAMIENTO | MEDIA | EFECTO |
| TESTIGO | 8.83 | A |
| 30 NINFAS | 5.5 | B |
| 20 NINFAS | 5.5 | B |
| 10 NINFAS | 5.3 | B |

Cuadro A 7. Prueba estadística (D.M.S).del análisis de varianza: Producción de tubérculos comerciales por efecto del daño de adultos de *Paratrioza cockerelli*.

| PRUEBA D.M.S | | |
|--|-------|---------|
| Producción de tubérculos. Comerciales, por efecto de adultos <i>Paratrioza cockerelli</i> . | | |
| TRATAMIENTO | MEDIA | EFFECTO |
| TESTIGO | 11.0 | A |
| 10 Adultos | 10.0 | A |
| 30 Adultos | 9.167 | A |
| 20 Adultos | 8.33 | A |

Cuadro A 8. Insecticidas y acaricidas para el control de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*

| Clasificación de insecticidas-acaricidas para control de la <i>P. cockerelli</i> | | | | | |
|--|--|-------------------|--------|------------|------------|
| Marca | Clase | Grupo Químico | Uso | Vs. Ninfas | Vs. Adulto |
| Confidor | Antagonista de los receptores nicotínicos. | Cloronicotinoides | Suelo | ✓ | ✓ |
| Baytroid | Activadores de los canales de sodio. | Piretroides | Foliar | | ✓ |
| Leverage Calypso Imidacloprid | Antagonista de los receptores nicotínicos | Cloronicotinoides | Foliar | ✓ | ✓ |
| Cyfluthrin | Activadores de los canales de sodio | Piretroides | Foliar | ✓ | ✓ |
| Folimat Tamaron | Inhibidores de acetil colinesterasa | Organofosforados | Foliar | | ✓ |
| Thiodan | Antagonista de los receptores GABA | Ciclodienos | Foliar | | ✓ |
| Temik | Inhibidores de la acetil colinesterasa | Carbamatos | Suelo | ✓ | |
| Oberon | Inhibidores de la biosíntesis de lípidos | Ácidos tetrónicos | Foliar | ✓ | |

Fuente: Bayer CropScience. Tomado de una publicación de Meister. Agosto 2005 PRODUCTORES de HORTALIZAS ESPECIAL de TOMATE.

