



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 22

PANAMÁ-2015



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 22 (2015). Panamá, PA. Semestral
114 p.
ISSN: 0258-6452
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 22

PANAMÁ-2015

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en:
<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

Editor Principal

Ismael Camargo Buitrago

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Editora Asociada

Neysa Garrido Calderón

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Consejo Editorial

Román Gordón M.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

José A. Yau

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Hilda Lezcano

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) –
Universidad de Panamá

Axel Villalobos C.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Audino Melgar M.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Esteban Arosemena

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Ch.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

***Revisión y Traducción de
Resúmenes***

Audino Melgar M.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
(IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|-------|---|
| 1-15 | DINÁMICA POBLACIONAL DEL PICUDO DEL AJÍ
<i>Anthonomus eugenii</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
<i>Anovel Barba; Vidal Aguilera C; Román Gordón M;</i>
<i>Hirano Masachika</i> |
| <hr/> | |
| 16-31 | PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN
DEL VIRUS DEL TORRADO DEL TOMATE EN PANAMÁ
<i>José Ángel Herrera Vásquez; Dixania Cortés</i> |
| <hr/> | |
| 32-41 | EFFECTOS FIJOS SOBRE EL INTERVALO ENTRE PARTO
EN UN SISTEMA DOBLE PROPÓSITO
<i>Axel Villalobos Cortés; Benigno Guerrero; Jessica Hassán;</i>
<i>Domiciano Herrera</i> |
| <hr/> | |
| 42-58 | CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE RUMINAL EN NOVILLOS
SUPLEMENTADOS CON UREA DE BAJA SOLUBILIDAD
<i>Audino Melgar M; Jonhatan E. González P.</i> |
-

NOTAS TÉCNICAS

- | | |
|-------|--|
| 59-69 | IDIAP-R2 COMPARADO CON LAS VARIEDADES CRIOLLAS
DE FRIJOL POROTO EN PANAMÁ
<i>Emigdio Rodríguez Quiel; Edwin Lorenzo;</i>
<i>Francisco González</i> |
| <hr/> | |
| 70-77 | SENSIBILIDAD AL CLORPIRIFOS Y CIPERMETRINA EN
LA GARRAPATA <i>Rhipicephalus microplus</i> EN FINCAS
GANADERAS DE PANAMÁ
<i>Marcelino Jaén Torrijos; Víctor Álvarez Calderón;</i>
<i>Rina Quintero Noriega; Karla Espinales;</i>
<i>Giselle Rangel Tapia; Norahymis Quintero Vega</i> |
-

COMUNICACIÓN CORTA

- 78-85 **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AISLADO ENDÉMICO RS006, BIOCONTROLADOR DE *Hypothenemus hampei* EN PANAMÁ**
Gladys González Dufau; Sindy Caballero; Grace Contreras; Gloribel Vergara; Luis C. Mejía
-

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- 86-109 **CONTROL BIOLÓGICO: UNA ALTERNATIVA DE MANEJO INTEGRADO DE *Trialeurodes vaporariorum* EN INVERNADEROS EN PANAMÁ**
Gladys González Dufau; Julio Santamaría Guerra
-

- 110-114 **NORMAS PARA AUTORES**
-

DINÁMICA POBLACIONAL DEL PICUDO DEL AJÍ *Anthonomus eugenii* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)¹

Anovel Barba²; Vidal Aguilera C³; Román Gordón M⁴; Hirano Masachika⁵

RESUMEN

El picudo *Anthonomus eugenii* es la principal plaga del cultivo ají en Panamá, por tal motivo se estudió su dinámica poblacional, con el propósito de crear las bases para el manejo integrado de la plaga. El estudio se desarrolló en cuatro localidades de la región de Azuero, en parcelas de productores de ají comercial (*Capsicum annum*) durante la época lluviosa. Se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza y medias separadas utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan. La localidad de Chumajal presentó el más alto porcentaje de infestación de adultos de *A. eugenii* con 8,79% ($P<0,05$). En tanto, el porcentaje de infestación más bajo se encontró en las localidades de Los Ángeles, La Honda y Las Cabras, con promedios de 0,20%, 0,25% y 0,76%, respectivamente. Se determinó que la mayor parte de la población de *A. eugenii* se presentó en la etapa de maduración con un 2,25% ($P<0,01$). Los adultos de *A. eugenii* se encontraron en el brote terminal de la planta del ají con 3,65% de infestación ($P<0,05$). La localidad de Los Ángeles tuvo un promedio alto de frutos sanos con 22,13% a diferencia de Chumajal que presentó un promedio bajo con 4,45%. En tanto, Chumajal mostró un promedio de infestación alto con 18,03% y registraron promedios bajos en las localidades de Los Ángeles y Las Cabras con porcentajes de infestación de 2,35% a 1,03%, respectivamente. En el año 2007, la población inicial de *A. eugenii*, se presentó en el mes de abril, con una tendencia al aumento en mayo y a disminuir entre junio y julio, seguidamente aumentó nuevamente durante agosto. Posteriormente, la población decreció a finales de octubre.

PALABRAS CLAVES: Población, región de Azuero, *Capsicum annum*, época lluviosa, etapa de maduración, porcentaje de infestación.

¹ Recepción: 19 de febrero de 2014. Aceptación: 17 de noviembre de 2014.

² M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: anovelbarba@yahoo.com

³ M.Sc. en Protección Vegetal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: vidalaguilera@gmail.com

⁴ M.Sc. en Protección Vegetal. IDIAP. CIAA. e-mail: gordon.roman@gmail.com

⁵ Ph.D. en Entomología. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). e-mail: mas.hirano@hotmail.co.jp

POPULATION DYNAMICS OF PEPPER PICUDO *Anthonomus eugenii* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

ABSTRACT

Weevil *Anthonomus eugenii* is the main pest of pepper crop in Panama, for this reason its population dynamics was studied in order to create the basis for an integrated pest management. The study was conducted at four localities in the Azuero region, in plots of commercial producers of pepper (*Capsicum annum*) during the rainy season. We used descriptive statistics, analysis of variance and means were separated using multiple range test of Duncan. The town of Chumajal presented the highest percentage of adult infestation of *A. eugenii* with 8,79% ($P<0,05$). While the lowest percentage of infestation was found in the towns of Los Angeles, La Honda and Las Cabras, averaging 0,20%, 0,25% and 0,76%, respectively. It was determined that most of the population of *A. eugenii* were introduced in the maturation stage with 2,25% ($P<0,01$). Adults of *A. eugenii* were found in the terminal bud of the pepper plant infestation with 3,65% ($P<0,05$). Los Angeles had the highest healthy fruit with 22,13% and it was different from Chumajal, which presented the lowest average with 4,45%. Meanwhile, Chumajal presented higher averages of infestation (18,03%) than the recorded averages found in Los Angeles and Las Cabras, 2,35% and 1,03%, respectively. In 2007, the initial population of *A. eugenii* were observed in April, these populations tended to increase in May and decreed between June and July, then increased again during August. Later, populations decreased at the end of October.

KEYWORDS: Population, Azuero region, *Capsicum annum*, rainy season, stage of maturation, percentage of infestation.

INTRODUCCIÓN

El picudo del ají (*Anthonomus eugenii* – Coleoptera: Curculionidae), es una de las plagas de mayor importancia en la región Centroamericana, ya que causa severos daños a la producción de ají (*Capsicum* spp.). Es un insecto nativo de Mesoamérica, de las regiones secas y cálidas. Tiene una amplia distribución geográfica, desde el Sur de los Estados Unidos, México, las regiones de Centro América, Puerto Rico y Hawai (Coto, citado

por Gómez *et al.* 2000). Recientemente fue reportado por Speranza *et al.* (2014) atacando y causando severas pérdidas en plantaciones bajo casas de vegetación en Lazio, Italia. Para el año 1993, se consideró una plaga potencial y de reciente introducción en Panamá, afectando plantaciones de ají, en la provincia de Chiriquí (Esquivel 1993). Se reportó, por primera vez, en la región de Azuero en el año 2003 infestando ají dulce y picante en la provincia de Herrera (Ramos 2003).

Esto coincidió, según Gordón 2006⁶, con el establecimiento de parcelas de ají picante en la región, provenientes de plantones traídos de la provincia de Chiriquí.

Los adultos se alimentan externamente de follaje, yemas florales y botones tiernos, sin causar daños económicos, como las larvas que se alimentan dentro del fruto. Se reportó pérdidas en algunas regiones hasta de 100% de la producción en Nicaragua, al alimentarse las larvas dentro del fruto (Gutiérrez 1999). Se considera una plaga del Sur de Estados Unidos, América Central y algunas islas del Caribe donde causó caída prematura del fruto y bajo rendimiento hasta 50% de pérdida y en parcelas experimentales sin tratamiento hasta 90% de frutos perdidos a causa de infestaciones tempranas.

En la provincia de Herrera, se reportó pérdidas de 30% a 60% de la producción, según Ramos 2006⁷, lo que provocó el desconcierto de los productores, aplicaciones calendario de plaguicidas y, en algunos casos, el abandono de la actividad, aun cuando se cuenta con el mercado para la exportación de productos frescos y procesados. La plaga infesta, además de ají dulce, plantaciones de chile jalapeño (*C. frutescens* L.) y se reportó

como hospederos la berenjena y malezas de la especie *Solanum americanum*. Esta información coincide con lo reportado por Gordón *et al.* (1990) y Burke y Woodruff (1980) donde se indica que dicha plaga fue encontrada en la maleza identificada como *Solanum americanum* var. *nodiflorum* en Puerto Rico y Florida, respectivamente. Existen pocos enemigos naturales para esta plaga, entre ellos se reportó *Catolaccus hunteri* (Rodríguez *et al.* 2000) y *Beauveria bassiana* (Carballo *et al.* 2001).

El conteo directo de adultos, trampas amarillas, recolección con telas, redes entomológicas de barrido y trampas de agua con detergente como métodos de muestreo, utilizados por Segarra-Carmona y Pantoja (1988), encontrando que las trampas amarillas se correlacionan significativamente con el conteo directo. Los otros métodos mostraron ineficiencias en atrapar adultos de la plaga o causaron severos daños en las plantas de ají. También, probaron el atractivo de diferentes trampas adhesivas de distintos colores, encontrando que las amarilla fue atractiva, seguida de las blancas. Llegaron a la conclusión de que las trampas amarillas podrían ser una herramienta de muestreo del picudo del ají de bajo costo que podría reemplazar el tiempo, dinero y trabajo de conteo directo.

⁶Gordón, R. 2006. Protección de cultivos (entrevista). IDIAP. Azuero, Panamá.

⁷Ramos, J. 2006. Técnico Agropecuario-extensionista (entrevista). MIDA-Sanidad Vegetal.

En los últimos años, se incrementó la producción de ají en la península de Azuero, ya que existe una demanda para la producción y exportación de productos frescos o procesados, lo que exige productos inocuos y de calidad.

El control tradicional del picudo se basa en la utilización de productos químicos, los cuales son poco eficaces debido a que varios instares del insecto se localizan dentro de las estructuras florales y frutos en desarrollo.

Este trabajo busca crear la base para la implementación de un programa de manejo integrado de *A. eugenii*, ya que se dificulta efectuar un manejo ecológico sin conocer el tamaño de la población y su fluctuación. Está población debe ser medida e identificada, según los factores que

regulan la densidad, ya que el conocimiento del comportamiento y la dinámica en condiciones agroecológicas de Panamá es esencial para el diseño de estrategias de manejo integrado y la sostenibilidad del sistema e impacto en el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área:

El estudio se desarrolló en cuatro localidades de la región de Azuero, en parcelas de productores de ají comercial (*Capsicum annuum*) de las provincias de Herrera y Los Santos, durante la época lluviosa. Las fincas fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios: cultivo intensivo durante todo el año, sistema de riego por goteo y mínimo 0,5 ha de terreno cultivado de ají (Cuadro 1). En las parcelas muestreadas se utilizó una variedad criolla de sabor dulce.

CUADRO 1. LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO. AZUERO-PANAMÁ, 2007.

Localidad	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud
La Honda	Los Santos	Los Santos	7° 54' 9"	80° 21' 15"
Los Ángeles	Los Santos	Los Santos	7° 53' 45"	80° 21' 43"
Chumajal	Los Santos	Los Santos	7° 53' 22"	80° 32' 32"
Las Cabras	Herrera	Pesé	7° 49' 32"	80° 19' 40"

Muestreo directo *in situ* en planta y fruto:

Se realizó un muestreo sistemático con una frecuencia de siete días, dirigidos a 20 plantas al azar siguiendo la diagonal, cuyo sentido se alteró en cada muestreo.

En cada planta, se observó las yemas terminales y flores para determinar la presencia de adultos. Se colectó un fruto al azar por planta y de los que se encontraban en el suelo alrededor de la planta, estableciendo como área

efectiva 1 m². Se llevó un registro de la fenología del cultivo, manejo agronómico y condición meteorológica existente, desde el momento de la siembra hasta la cosecha, anotándose las formas biológicas encontradas en el cultivo.

Muestreo indirecto de la población de adultos:

Para determinar la dinámica poblacional de adultos en el cultivo de ají, se colocó seis trampas amarillas con pegamento en cada parcela, estas se instalaron a una altura de 15 cm por encima de las yemas terminales de la planta, orientadas en dirección del flujo del aire. Las trampas permanecieron en el mismo lugar durante todo el ciclo del cultivo. Se llevó un registro de la fenología del cultivo y condición meteorológica existente, desde el momento de la siembra hasta la cosecha.

Se analizó como variable dependiente los porcentajes de infestación de *A. eugenii*, en diferentes estratos de la planta (brote, hoja del medio y flor), del insecto en sus diferentes estados (adulto, larva y pupas) por frutos en la planta y de los caídos en el suelo; y adultos dependiendo del estado fenológico de la planta y por localidad. A los datos de infestación de *A. eugenii* se les aplicó un Análisis de Varianza (ANAVA) y las medias fueron separadas utilizando la Prueba de Rango Múltiple de Duncan. Previo al análisis los datos fueron transformados con $\sqrt{X \pm 1}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestreo directo *in situ* en la planta:

El análisis de varianza para las variables porcentaje de infestación de *A. eugenii* por localidad, fenología y estrato de preferencia en la planta mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 2).

CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DE *A. eugenii*, POR LOCALIDAD, FENOLOGÍA, ESTRATO DE PREFERENCIA EN LA PLANTA.

F de V	gl	CM
Localidad	3	22,035**
Fenología	3	3,908**
Estrato de preferencia en la planta	2	6,930**
Error	341	0,768
CV (%)		69,85

* , ** = Se refiere a diferencias estadísticas al 1 y 5%, respectivamente.

n.s. = Diferencia no significativa.

El análisis de separación de medias indicó que la localidad de Chumajal presentó el porcentaje de infestación de adultos de *A. eugenii* altos con 8,79% (Figura 1). En tanto, el porcentaje de

infestación más bajo se encontró en las localidades de Los Ángeles, La Honda y Las Cabras con promedios de 0,20%, 0,25% y 0,76%, respectivamente.

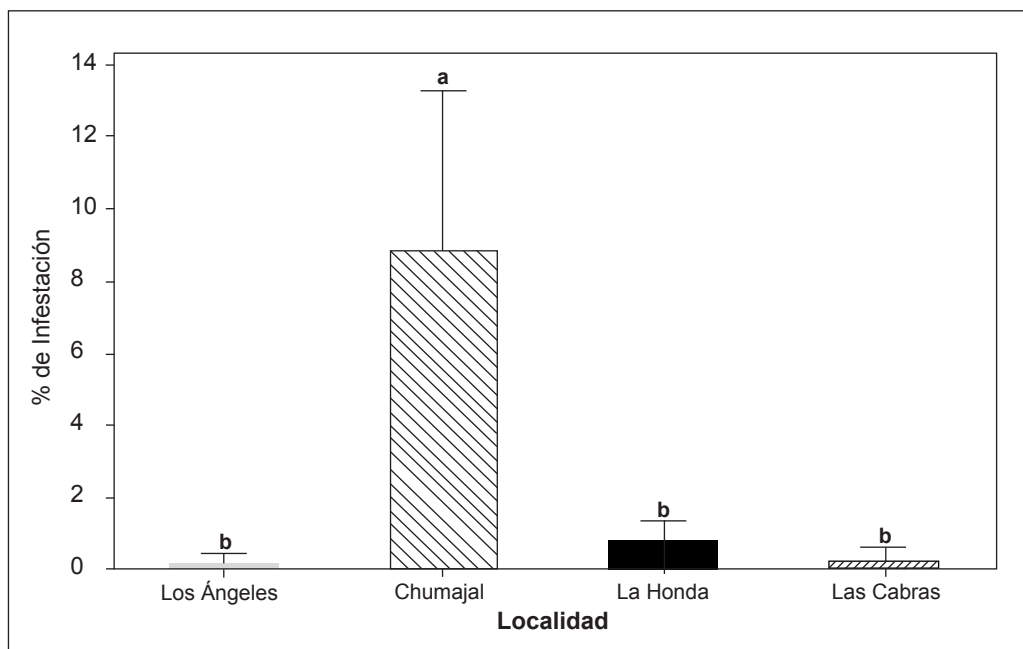


Figura 1. Distribución del porcentaje de adultos de *A. eugenii* en las diferentes localidades evaluadas ($P < 0,01^{}$). Los valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan.**

Se determinó que la dinámica poblacional de *A. eugenii* está relacionada con la etapa fenológica del cultivo, se observó que la mayor parte de la población de *A. eugenii* se presentó en la etapa de maduración con un 2,25% (Figura 2). El síntoma externo que se presentó fue una coloración amarilla de los pecíolos en frutos pequeños. Una vez abiertos los frutos, se observó larvas alimentándose del receptáculo y de las semillas de ají. Observado este comportamiento, se consideró que durante esta etapa

cualquier medida de control químico sería poco efectiva, debido a que el fruto ofrece protección al estado inmaduro del insecto. Cabe mencionar, los frutos maduros no son susceptibles al ataque de *A. eugenii*, debido a las propiedades de la epidermis (Garza 2001). Sin embargo, todavía falta entender con detalle los mecanismos que intervienen en cada caso y como se interrelacionan entre ellos, de modo que se dificultó validar las hipótesis que se propusieron.

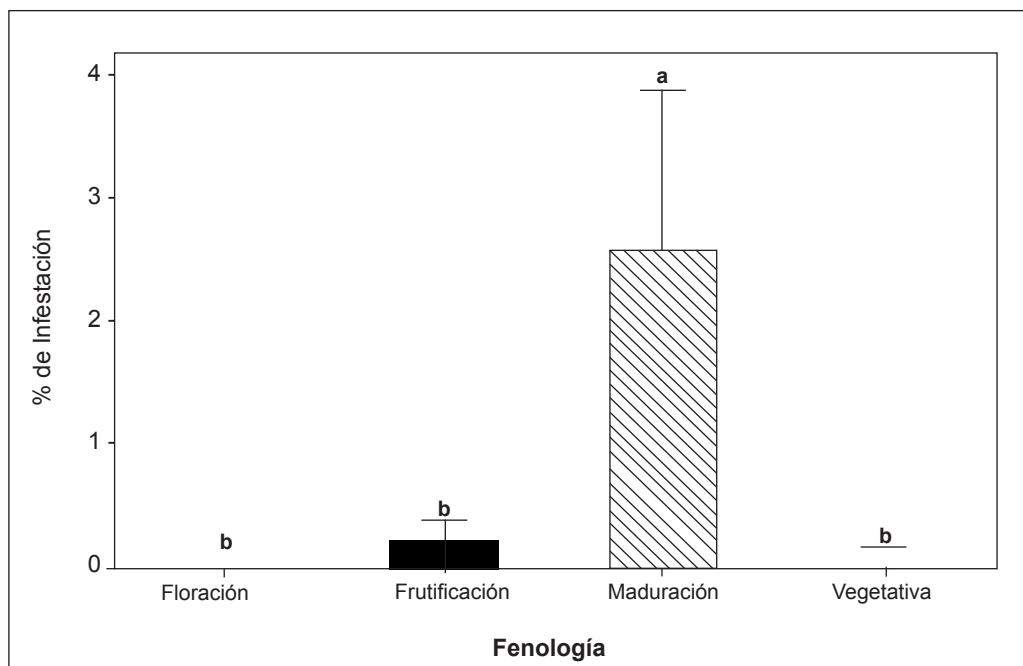


Figura 2. Distribución del porcentaje de adultos de *A. eugenii* en las etapas fenológicas evaluadas ($P < 0,01^{}$). Los valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan.**

La población inicial de *A. eugenii*, se detectó con la aparición de los primeros botones florales y daños en frutos inmaduros durante su alimentación. En tanto, Garza (2001) mencionó que estos orificios realizados durante la oviposición, emergencia de adultos o alimentación pueden favorecer la entrada de microorganismos al fruto.

La mayor parte de las poblaciones de adultos de *A. eugenii* se encontraron en el brote terminal de la planta de ají (Figura 3) con 3,65% de infestación. Generalmente, los adultos se alimentan de las partes

terminales de la planta, lo que facilita el muestreo. A medida que aparecen los botones florales y ovarios, cambian su alimentación y comienzan las hembras el proceso de oviposición (Mosqueda y López 2007). Algunos autores mencionan que la hembra durante la oviposición produce la entrada de organismos como la *Alternaria alternata* (Capinera 2014). Esto indicó que el brote terminal puede ser utilizado como indicador de muestreo de adultos. Los promedios de adultos y estados inmaduros observados por localidad y estrato de preferencia en la planta, se presenta en el Cuadro 3.

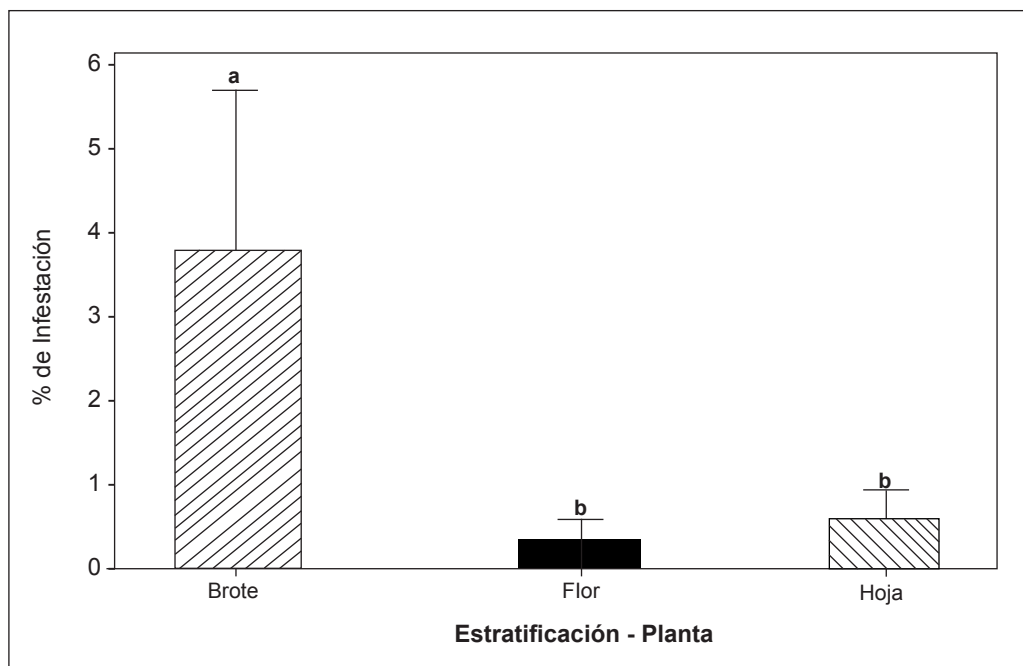


Figura 3. Distribución del porcentaje de adultos de *A. eugenii* en estratificación en la planta ($P < 0,01^{}$). Los valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan.**

CUADRO 3. VALORES PROMEDIOS DE ADULTOS Y ESTADOS INMADUROS DE *A. eugenii* OBSERVADOS POR LOCALIDAD Y ESTRATO DE LA PLANTA.

Localidad	Ad/brotes	Ad/hoja	Ad/flor	Frutos		
				Larva	Pupa	Adultos
Los Ángeles	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Chumajal	0,20 ± 0,28	0,04 ± 0,06	0,02 ± 0,08	0,02 ± 0,03	0,02 ± 0,04	0,01 ± 0,03
La Honda	0,02 ± 0,06	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,03
Las Cabras	0,01 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Total	0,04 ± 0,13	0,01 ± 0,03	0,00 ± 0,03	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,02

Ad = Adultos

Muestreo directo *in situ* en el fruto:

El análisis que se realizó a las variables porcentaje de infestación en frutos por localidad y lugar de muestreo de los frutos (suelo y planta), se presenta en el Cuadro 4. El análisis de varianza detectó diferencias altamente

significativas entre localidades; pero entre el lugar de muestreo no detectó diferencias significativas a excepción de la variable frutos sanos. Esto indicó que una parte importante de la población de *A. eugenii* completa su ciclo de vida en los frutos caídos al suelo. Por lo tanto, la

práctica de recolección de fruto podría ser una alternativa viable en un programa de

manejo integrado de la plaga, ya que los adultos salen e infectan la parcela.

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE INFESTACIÓN, NÚMERO DE ADULTOS, PUPA Y LARVAS DE *A. eugenii*, POR LOCALIDAD Y LUGAR DE MUESTREO DE FRUTOS.

F de V	gl	Frutos Sanos	Frutos Dañados x Picudo	Larvas	Pupa	Adultos
Localidad	3	31,758**	33,661**	1,705**	1,699**	2,496**
Lugar	1	61,357**	1,003 ^{n.s.}	0,332 ^{n.s.}	0,092 ^{n.s.}	0,046 ^{n.s.}
Error	228	7,806	3,464	0,138	0,156	0,214
CV (%)		96,03	92,88	33,13	35,09	39,53

*, ** = Se refiere a diferencias estadísticas al 1 y 5%, respectivamente.

^{n.s.} = Diferencia no significativa.

El análisis de separación de medias para la variable frutos sanos por localidad mostró que la localidad de Los Ángeles tuvo un promedio alto de frutos sanos con 22,13% (Figura 4), a diferencia de Chumajal que presentó el promedio de 4,45%. Para la variable frutos dañados

por picudo, el análisis de separación de medias indicó que la localidad de Chumajal presentó los promedios de infestación altos con 18,03% (Figura 4) y bajos en las localidades de Los Ángeles y Las Cabras con porcentajes de infestación entre 2,35% y 1,03%, respectivamente.

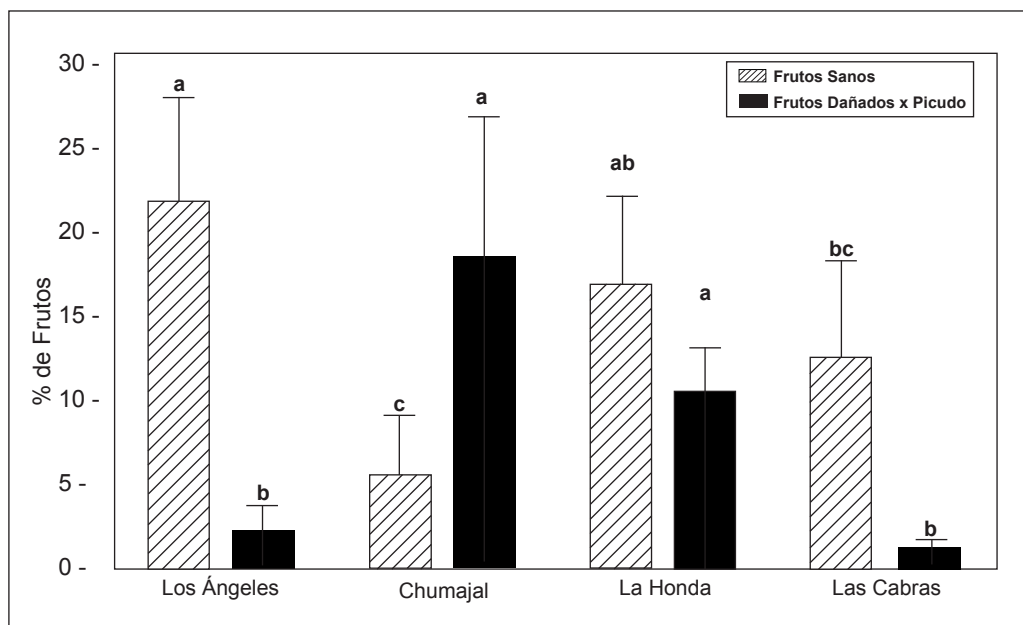


Figura 4. Porcentaje de frutos sanos y dañados por *A. eugenii* por localidad ($P < 0,01^{}$). Los valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan.**

En relación al porcentaje de infestación de frutos con larvas, pupas y adultos por localidad, el análisis de separación de medias detectó que la localidad de Chumajal presentó el porcentaje de infestación alto con valores de 1,69% para larvas, 1,72% para pupas y en adultos 1,41% (Figura 5). Se presentó variaciones en la diversidad funcional inducida por condiciones de manejo que alteran la invasión de plagas y favorecen el crecimiento poblacional de enemigos naturales (Altieri y Nicholls 2000). Segarra-Carmona y Pantoja (1988) estimaron que

el umbral de daño económico comienza cuando las poblaciones de adultos alcanzan 0,01 adultos de *A. eugenii* por planta.

Muestreo indirecto de la población de adultos:

El análisis de varianza para las variables porcentaje de infestación de *A. eugenii* en trampas amarillas por localidad y etapa fenológica, se presenta en el Cuadro 5. No se encontró diferencias significativas entre ninguna las dos fuentes de variación evaluadas.

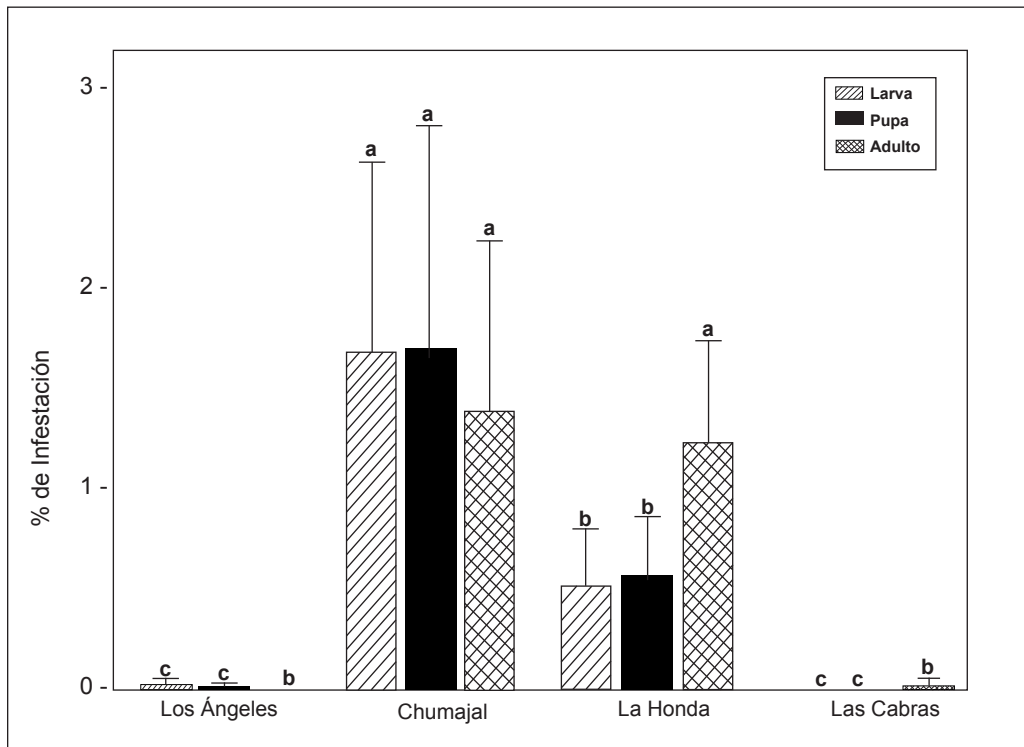


Figura 5. Porcentaje de larvas, pupas y adultos de *A. eugenii* en frutos por localidad ($P < 0,01^{**}$). Los valores con la misma letra no difieren significativamente entre sí, según la Prueba de Duncan.

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DE *A. eugenii* EN TRAMPAS AMARILLAS POR LOCALIDAD Y FENOLOGÍA.

F de V	gl	CM
Localidad	3	0,031 ^{n.s.}
Fenología	3	0,026 ^{n.s.}
Error	677	0,014
CV (%)		11,51

*, ** = Se refiere a diferencias estadísticas al 1 y 5%, respectivamente.

n.s. = Diferencia no significativa.

En el año 2007, las poblacionales iniciales de *A. eugenii* se presentaron en el mes de abril, con una tendencia de aumento en mayo y disminución entre los meses de junio y julio, seguidamente volvió su aumento durante el mes de agosto. Posteriormente, la población decrece a finales del mes de octubre sin

encontrar una relación directa entre los niveles poblacionales del insecto con la precipitación (Figura 6). Probablemente, la población de *A. eugenii* en la región de Azuero este influenciada por la presencia de hospederos de ají susceptible, durante la etapa de fructificación y maduración del cultivo.

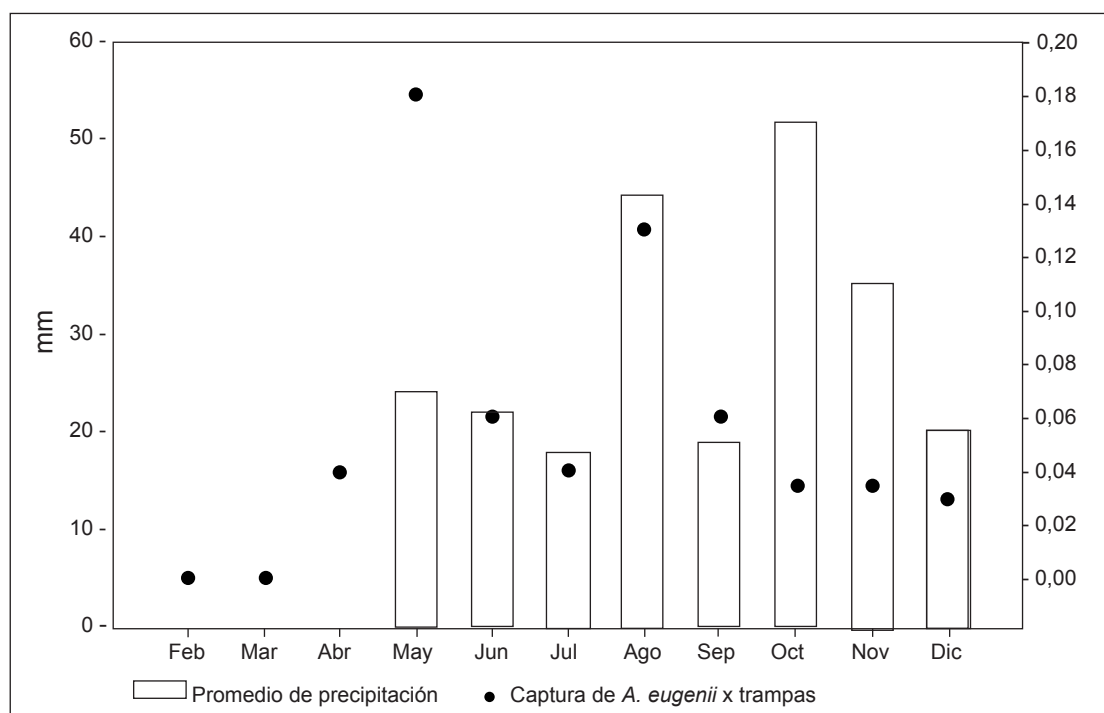


Figura 6. Fluctuación poblacional de adultos de *A. eugenii* en el cultivo de ají, región de Panamá - 2007.

Por otra parte, se observó que el muestreo indirecto mediante el uso de trampas pegajosas amarillas permitió detectar las poblaciones iniciales de adultos de *A. eugenii*, a partir del mes de abril (Figura 7). A diferencia del muestreo

directo realizado en la planta (brote, hoja y flor), donde se detectó poblaciones hasta el mes de junio, lo que indicó la importancia del uso de la trampa pegajosa amarilla para el muestreo de este insecto.

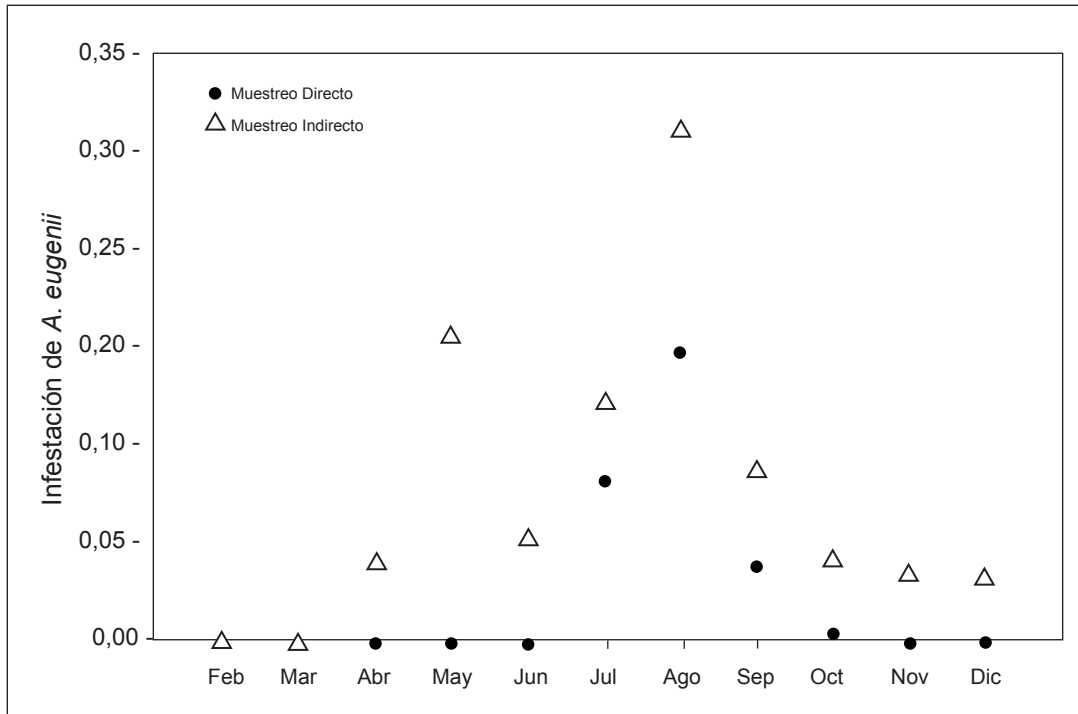


Figura 7. Eficiencia del muestreo indirecto vs directo de adultos de *A. eugenii* en el cultivo de ají, región de Azuero, Panamá - 2007.

Durante el estudio no se observó enemigos naturales, ni plantas que pudieran definirse como hospederos de *A. eugenii*, se identificó la presencia y alimentación de adultos en brotes de berenjena. A pesar de esto, no se puede definir como un verdadero hospedero del insecto, pues faltó encontrar posturas y estados inmaduros. Por lo tanto, se dificulta

asegurar que *A. eugenii* esté en nuestro país reproduciéndose en esta planta.

Además de ají dulce, está plaga infesta plantaciones de chile jalapeño (*C. frutescens* L.). También, se ha reportado como hospederos a la berenjena y malezas de la especie *Solanum nigrum* (Gordón y Armstrong 1990).

CONCLUSIONES

- El adulto de *A. eugenii* mostró preferencia por los brotes terminales de la planta de ají.
- La población de *A. eugenii* se presentó a partir del inicio de la floración hasta la etapa de maduración del cultivo, donde se observó el mayor pico poblacional de adultos y estados inmaduros.
- Se encontró durante todo el año, la población de *A. eugenii* sin que se presentara una relación entre la precipitación y la presencia del insecto en el cultivo de ají.
- El muestreo indirecto de *A. eugenii* con trampas amarillas pegajosas mostró mayor eficiencia sobre el muestreo directo en plantas.
- Se observó que parte de las poblaciones de *A. eugenii* completó su ciclo de vida en los frutos que se encontraron en el suelo.

ambiental para América Latina y el Caribe. México. 257 p. Consultado 4 dic. 2008. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/altieri01.pdf>.

Burke, HR; Woodruff, R. 1980. The pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) in Florida (Coleoptera:Curculionidae) Fka, Dep. Agric. and Cons. Serv. Entomol, Circ. 219:1-4.

Capinera, J. 2014. Pepper Weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Insecta:Coleoptera: Curculionidae) (en línea). IFAS Extension. Universidad de Florida, Gainesville. 6 p. Consultado 24 marzo 2015. Disponible en <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures>.

Carballo, M; Rodríguez, L; Durán, J. 2001. Evaluación del *Beauveria bassiana* para el control del picudo del chile en laboratorio. Revista Manejo Integrado de Plagas 62:54-59.

Esquivel, E. 1993. El ají picante (*Capsicum* spp.) recomendaciones generales del cultivo. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 33 p.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M; Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para la agricultura sustentable (en línea). Programa de la Naciones Unidas para el medio ambiente. Red de Formación

- Garza, E. 2001. El barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* y su manejo en la planicie Huasteca. Instituto de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria. Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Ebano. Folleto Técnico N° 4. INIFAP. Secretaría Nacional de Agricultura ganadería desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 8 p.
- Gómez, Y; Ramírez, J; Sandoval, B; Bolaños, A. 2000. Alternativas biológicas y orgánicas en el control de *Anthonomus eugenii* en chile picante. Revista Manejo Integrado de Plagas 57:74-77.
- Gordón, R; Armstrong, A. 1990. Biología del picudo del pimiento, *Anthonomus eugenii*, Cano (Coleoptera: Curculionidae), en Puerto Rico. Journal of Agriculture if the university of Puerto Rico 74(1):69-73.
- Gordón, R; Medina-Gaud, S; Armstrong, A. 1990. Nuevo hospedero alterno del picudo del pimiento *Anthonomus eugenii* Cano en Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 74(1):423.
- Gutiérrez, C. 1999. Evaluación de la asociación de maíz – chile para el manejo de *Anthonomus eugenii* en Nicaragua. Revista Manejo Integrado de Plagas 54:73-77.
- Mosqueda, B; López, L. 2007. Principales plagas del chile de agua en Los Valles Centrales de Oaxaca (en línea). Investigaciones del campo experimental del Valle de Oaxaca. Fundación produce Oaxaca. p. 12-15. Consultado 4 dic. 2008. Disponible en <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/produce/abril07/contenido.pdf>
- Ramos, J. 2003. Informe final. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). Herrera, PA. 15 p.
- Rodríguez, E; Leyva, J; Gómez, V; Bárcenas, N; Elzen, GW. 2000. Biology of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera:Pteromalidae), a parasitoid of pepper weevil and boll weevil (Coleoptera:Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93(4):862-868.
- Segarra-Carmona, AE; Pantoja, A. 1988. Sequential sampling plan, yield loss components and economic thresholds for the pepper weevil, *Anthonomus eugenii*. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 72:375-385.

Speranza, S; Colonnelli, E; Garonna, AP; Laudonia, S. 2014. First record of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera:Curculionidae) in Italy. Florida Entomologist 97(2):844-845.

AGRADECIMIENTO

Se le agradece a la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA), por hacer posible la colaboración

del Dr. Masachika Hirano, Entomólogo, Voluntario Senior; a los compañeros de IDIAP, en especial al Ing. Luis Alberto Barahona por su participación en las actividades de muestreo y a los Técnicos Armando González y Yanelkis Barrera, asistentes del Laboratorio de Protección Vegetal del IDIAP-Divisa; y a los Magíster Marco Medina y Karla Solís B., por la revisión del documento.

PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL VIRUS DEL TORRADO DEL TOMATE EN PANAMÁ¹

José Ángel Herrera Vásquez²; Dixania Cortés³

RESUMEN

El primer reporte del virus del torrado del tomate (*Tomato torrado virus*, ToTV) en Panamá se realizó en el 2009, en las provincias de Los Santos, Herrera, Coclé y Veraguas, en plantas de tomate que presentaban una sintomatología no descrita anteriormente en el país. Debido a la enorme importancia de ToTV como agente causal de una enfermedad severa en tomate, lo cual contrastaba con el único estudio realizado para este virus en Panamá, se planteó los siguientes objetivos: Evaluar la presencia de ToTV en muestras de tomate y malezas, y su distribución geográfica en Panamá. En el 2011, se colectó 91 muestras de tomate y 25 de malezas, en diferentes localidades de las provincias de Los Santos, Herrera, Coclé y Veraguas. Las muestras fueron analizadas por RT-PCR, mediante el empleo de una pareja de iniciadores específicos que amplifican un fragmento de 573-pb de la proteína de la cápside Vp23 del ARN 2 de ToTV. La presencia del virus se determinó en 12 muestras de tomate de la provincia de Los Santos. Los resultados fueron confirmados mediante el análisis de secuencias y su comparación con secuencias de ToTV procedentes de otras latitudes geográficas. El virus no fue detectado en las muestras de malezas analizadas. El estudio es el primer paso de una serie, que en principio busca conocer los aspectos epidemiológicos y moleculares de ToTV, y el empleo de la información para establecer estrategias de manejo del virus en Panamá.

PALABRAS CLAVES: *Solanum lycopersicum*, ToTV, RT-PCR, epidemiología, estudio molecular.

¹ Recepción: 10 de diciembre de 2014. Aceptación: 19 de marzo de 2015. Investigación financiada por el proyecto ITE11- 002 y por el Sistema Nacional de Investigación (SNI) (contrato 41-2014) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá.

² Ph.D. en Virología. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC), IDIAP. e-mail: joshervs11@gmail.com

³ Licda. en Biología. Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA), Universidad de Panamá.

PRESENCE AND DISTRIBUTION OF TOMATO TORRADO VIRUS IN PANAMA

ABSTRACT

The first report of *Tomato torrado virus* (ToTV) in Panama was shown in 2009 in the provinces of Los Santos, Herrera, Coclé and Veraguas, in tomato plants that exhibited a previously undescribed symptomatology in this country. Due to the great importance of ToTV as causal agent of a severe disease in tomato, which contrasted with the only study realized for this virus in Panama, the following objectives were included: to assess the presence of ToTV in samples of tomato and weeds, and its geographical distribution in Panama. In 2011, 91 samples of tomato and 25 of weeds were collected from different localities of the provinces of Los Santos, Herrera, Coclé and Veraguas. These samples were analyzed by RT-PCR using a pair of specific primers which amplify a 573-bp fragment of the coat protein VP23 of RNA 2 of ToTV. The presence of this virus was determined in 12 tomato samples from the province of Los Santos. These results were confirmed by sequence analysis and its comparison with ToTV sequences from other geographical latitudes. This virus was not detected in weed samples analyzed in this work. This study is the first step of a series that in principle search to understand the epidemiological and molecular aspects of ToTV and using this information to develop strategies for managing of this virus in Panama.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum*, ToTV, RT-PCR, epidemiology, molecular study.

INTRODUCCIÓN

El virus del torrado del tomate (*Tomato torrado virus*, ToTV) se reportó por primera vez en el 2007 en muestras de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) procedentes de Murcia, España, y fue propuesto como el miembro tipo de un nuevo género denominado *Torradovirus* dentro de la familia Secoviridae (Verbeek *et al.* 2007). Posteriormente, el virus fue citado en Polonia (Pospieszny *et al.* 2007), Australia (Gambley *et al.* 2010), Panamá (Herrera-Vásquez *et al.* 2009a),

Hungría (Alfaro-Fernández *et al.* 2009), Francia (Verdin *et al.* 2009), Italia (Davino *et al.* 2010), y Colombia (Verbeek y Dulleman 2012). ToTV ha causado importantes pérdidas económicas en cultivos de tomate en los países donde se ha reportado su presencia.

En Panamá, ToTV es considerado un virus emergente, siendo detectado por primera vez tras una prospección realizada en febrero de 2008 en cultivos de tomate de las provincias de Los Santos, Herrera,

Coclé y Veraguas (Herrera-Vásquez *et al.* 2009a), para determinar las principales virosis que afectaban al cultivo en el país.

En algunos casos, el virus se encontró en infección mixta con el virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus*, CMV; género *Cucumovirus*), virus ampliamente conocido en la mayoría de las regiones productoras de tomate a nivel mundial, coincidiendo con trabajos realizados por otros autores, lo que indicó que ToTV se encuentra a menudo en infecciones mixtas con otros virus que afectan el tomate (Alfaro-Fernández *et al.* 2010b).

ToTV es considerado uno de los virus más importantes en tomate y se incluyó en el Sistema de Alerta Fitosanitaria de la Organización Norteamericana de Protección a las plantas (NAPPO) (NAPPO 2010). Adicional, el virus tiene la capacidad de infectar tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), y papa (*Solanum tuberosum* L.) (Pospieszny *et al.* 2007, Amari *et al.* 2008), siendo sin duda alguna un peligro potencial para dichos cultivos en Panamá. Adicional, el ToTV se detectó en varias especies de malezas comunes en los cultivos de tomate, las cuales podrían actuar como reservorios del virus (Alfaro-Fernández *et al.* 2008).

ToTV es transmitido de forma semipersistente por las moscas blancas *Bemisia tabaci* Gennadius, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman (Hemiptera: Aleyrodidae) (Pospieszny *et al.* 2007, Amari *et al.* 2008, Verbeek *et al.* 2013), encontrando las dos primeras especies reportadas en Panamá. Por lo tanto, una vez la población del insecto vector se incrementa, por ejemplo: debido a la aplicación descontrolada de insecticidas, la probabilidad de infección y diseminación de ToTV aumenta de forma proporcional.

La infección causada por ToTV dentro de los agroecosistemas es dinámica, ya que son interacciones complejas que involucran diversos factores cambiantes, como: los sistemas de producción, el ambiente y los vectores. Por lo tanto, la detección de este virus debe ser un proceso permanente, dado que los nuevos patógenos requieren cambios continuos en las estrategias de manejo.

En Panamá, los estudios realizados sobre ToTV son escasos. Consecuentemente, resulta necesario realizar trabajos dirigidos inicialmente a conocer los aspectos epidemiológicos del virus en el país, con la finalidad de establecer planes de manejo. En este

sentido, el estudio incluye la presencia y distribución de ToTV en las principales regiones del cultivo de tomate industrial en Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del estudio:

Este estudio se realizó en diferentes localidades de las provincias de Los Santos, Herrera, Coclé, y Veraguas, donde se seleccionaron un total de 10 parcelas de tomate industrial para la colecta de las muestras, para la detección de ToTV. Estas parcelas fueron georeferenciadas usando un posicionador geográfico global, marca Garmin eTrex Legend®. Las muestras colectadas fueron analizadas en los laboratorios de Agrobiotecnología y Protección Vegetal, del Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC), del Instituto de

Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicados en el corregimiento de Los Canelos, distrito de Santa María, provincia de Herrera, Panamá.

Colecta de muestras de tomate y malezas:

La colecta de las muestras de tomate y malezas se realizó en el periodo de floración-fructificación y en plantas que presentaban preferiblemente síntomas asociados a infecciones virales (Figura 1), criterios utilizados para seleccionar y colectar las muestras para la detección de ToTV. Se colectó 91 muestras de tomate y 25 de malezas, en el periodo comprendido del 12 de enero al 25 de febrero de 2011. Las muestras fueron preservadas en sílica gel a temperatura ambiente hasta su análisis.

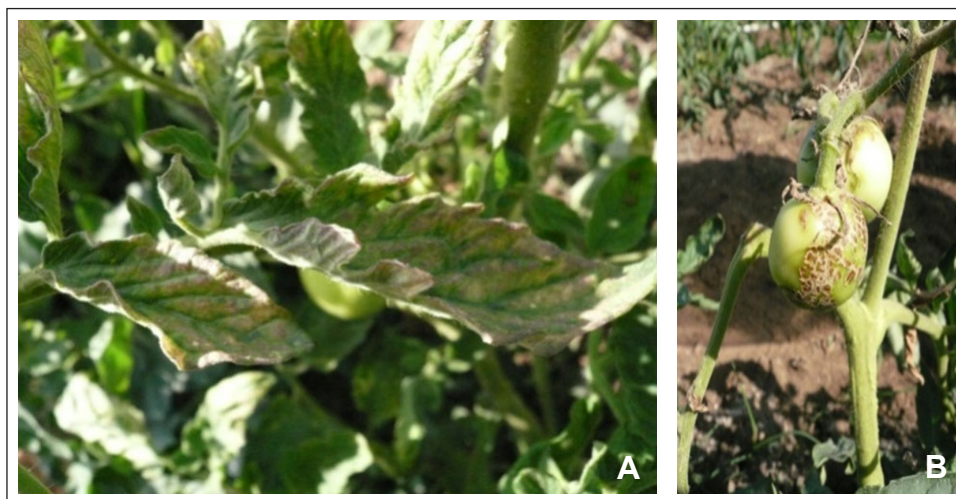


Figura 1. Síntomas de necrosis, clorosis y enrollamiento de hojas infectadas por ToTV (A); manchas necróticas en frutos de una planta de tomate infectada por ToTV (B).

Adicional, se colectó plantas completas de malezas, y su identificación se realizó con el apoyo de especialistas del Herbario y del Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN) de la Universidad de Panamá e IDIAP, utilizando especímenes de referencia y claves taxonómicas especializadas.

Extracción de ARN total:

La extracción de ARN total se realizó a partir de aproximadamente 0,1 g de cada muestra de hoja deshidratada de tomate y maleza, con ayuda del protocolo de extracción “silica capture protocol” (Mackenzie *et al.* 1997). Los extractos de ARN fueron almacenados a -30°C hasta su análisis.

Análisis por RT-PCR:

La detección de ToTV se realizó por RT-PCR en un solo paso con la ayuda de la SuperScript® One-Step RT-PCR con Platinum® TaqMix (Invitrogen), siguiendo la metodología descrita por van den Heuvel *et al.* (2006). Se utilizó una pareja de iniciadores específicos de ToTV, TR2F (5'-GAAGGACGAAGAGCGACTG-3') y TR2R(5'-AAGGTAGGTATGCGTTTGC-3'), diseñados para amplificar un fragmento de 573-pb de la proteína de la cápside Vp23 del ARN 2 de este virus (Pospieszny *et al.* 2007).

Las concentraciones finales de cada reactivo en la reacción fueron las siguientes: 1X tampón de reacción (conteniendo 0,4 mM dNTPs y 2,4 mM MgSO₄), 1X PVP-40, 2 U RNase Out™, 1X mezcla de iniciadores (a una concentración final de 0,5 µM cada iniciador), 0,4 µl de la enzima descrita anteriormente, 0,6 µl de ARN total y agua ultra pura estéril hasta alcanzar un volumen final de 10 µl.

La amplificación por RT-PCR se realizó en un termociclador Mastercycler® gradient 5331 (Eppendorf), programado para llevar a cabo un ciclo inicial de síntesis de cDNA a 50°C durante 30 min y un segundo ciclo de amplificación a 94°C durante 2 min, seguido por 40 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 15 s, hibridación a 55°C durante 30 s, y extensión a 72°C durante 1 min. Adicional, se llevó a cabo un ciclo de extensión final a 72°C durante 10 min, este último con la finalidad de sintetizar todos los fragmentos que posiblemente quedaron incompletos, seguido de un paso de enfriamiento a 4°C hasta que las muestras fueran recuperadas.

En cada experimento de amplificación se utilizó controles negativos (agua ultra pura estéril y extractos de ARN de plántulas de tomate de los cultivares IDIAP T7, T8, y T9, producidas

en condiciones controladas y de estricto aislamiento), y controles positivos de ToTV (aislados MUR-06 y MUR-09) publicados por Alfaro-Fernández *et al.* (2010a), todos ellos analizados bajo las mismas condiciones descritas anteriormente.

Los productos amplificados (5 µl) se sometieron a electroforesis en geles de agarosa al 1,2% en tampón 1X TAE (conteniendo 40 mM Tris-acetato y 1 mM de EDTA, pH 8,0), y se tiñeron con SYBR® Safe 10,000X (Invitrogen). Seguidamente, se dejaron a 100 V durante 45 min, y luego se visualizaron en un transiluminador de luz UV acoplado a un sistema de imagen digital (BioDoc-It® Imaging System, UVP). El tamaño de los fragmentos amplificados se determinó por comparación con un marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco).

Secuenciación y análisis:

Para confirmar la identidad de ToTV, los productos amplificados por RT-PCR fueron purificados con ayuda del Wizard® SV Gel y PCR Clean-Up System (Promega), siguiendo las recomendaciones del fabricante. Los productos purificados fueron secuenciados directamente con los iniciadores específicos del virus indicados anteriormente, con ayuda del BigDye® Terminator Cycle Sequencing Kit v3.0, en un analizador genético ABI

Prism3130XL (Applied Biosystems), en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), en ciudad de Panamá.

Las secuencias de nucleótidos obtenidas fueron comparadas con secuencias de ToTV de otras latitudes geográficas disponibles en la base de datos del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) (Cuadro 1), con ayuda del Instrumento de Búsqueda de Alineamientos Locales Básicos (BLAST) (Altschul *et al.* 1997), mientras que la homología de las secuencias se obtuvo con ayuda del programa DNAMAN versión 4,02 Lynnon Biosoft®1994-98 (Institute of Plant Pathology, BBA, Alemania).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis por RT-PCR en muestras de tomate:

La detección de ToTV se realizó por RT-PCR, a partir de las muestras de tomate colectadas en diferentes localidades de las provincias de Los Santos, Herrera, Coclé, y Veraguas en 2011. La presencia de este virus se determinó en 12 (13,2%) de las 91 muestras de tomate analizadas en este trabajo, en muestras procedentes de la provincia de Los Santos. En dicha provincia, este virus fue detectado en las localidades de El Montero y El Hato, en el distrito de Guararé (Cuadro 2). Sin embargo, es importante indicar que ToTV

CUADRO 1. SECUENCIAS DE AISLADOS DE ToTV DE TOMATE OBTENIDAS EN LA BASE DE DATOS DEL GENBANK (NCBI).

Nombre del aislado	Año de colecta	Origen geográfico	GenBank Accession No.
ToTV-PAN1	2008	Coclé, Panamá	FJ357161
2136	2008	Australia	GQ844872
1883	2005	Australia	GQ844870
Ros	2007	Polonia	EU652401
Kra	2007	Polonia	EU652402
Wal'03	2003	Polonia	EU563947
PRI-ToTV0301	2003	España	DQ388880
Sicily09	2010	Italia	GU903899
ToTV-CE	sin información	España	EU476182

CUADRO 2. PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ToTV POR RT-PCR EN MUESTRAS DE TOMATE COLECTADAS EN EL 2011.

Localización geográfica		GPS	Detección de ToTV por RT-PCR		
Provincia	Localidad	Coordenadas UTM (X/Y); Altitud ^a	Muestras	+	-
Los Santos	El Montero, Guararé	578419/860964; 45	10	9	1
	El Hato, Guararé	569200/861426; 41	5	3	2
	Tres Quebradas, Los Santos	566544/867695; 70	5	0	5
	El Chará, Tonosí	563722/819099; 21	10	0	10
Herrera	Pesé, Las Cabras, La Arenita	548213/870471; 66	10	0	10
	Pesé, El Ciruelo, La Trinidad	533231/873456; 107	6	0	6
	Los Chicharrones, Chitré	560731/881739; 41	11	0	11
	Santa María, Los Canelos, Divisa	534070/898353; 47	10	0	10
Coclé	Antón, El Valle, El Hato	596259/951188; 591	15	0	15
Veraguas	Santiago, La Raya de Santa María, Cañazas Abajo	532752/899767; 38	9	0	9
Total			91	12	79

^a La altitud corresponde a metros sobre el nivel del mar (msnm).

se reportó previamente en diferentes localidades de las provincias de Los Santos, Herrera, Coclé y Veraguas en 2009 (Herrera-Vásquez *et al.* 2009a). El fragmento esperado de 573-pb, correspondiente a la proteína de la

cápside Vp23 del ARN 2 de ToTV, fue amplificado a partir de los extractos de las muestras positivas, con excepción de los extractos sanos y el agua utilizados con controles negativos (Figura 2).

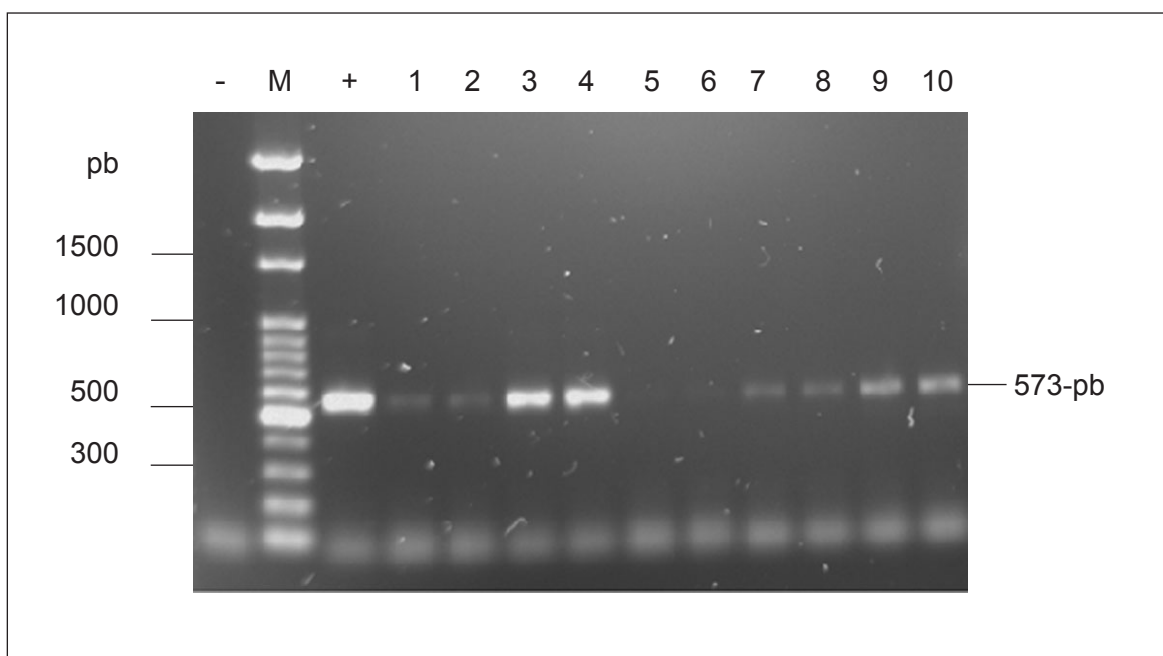


Figura 2. Amplificación por RT-PCR de 573-pb de la proteína de la cápside Vp23 del ARN 2 de ToTV, a partir de muestras de tomate con síntomas asociados a ToTV. Líneas 1-10, muestras +; -, agua ultrapura estéril; +, ToTV (aislado Mur-06); M, marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco).

Es importante mencionar que 79 muestras (86,8%) del total de muestras de tomate analizadas, resultaron negativas a ToTV. Esto puede ser debido a la presencia de otros virus que infectan tomate en Panamá, como lo son el virus Y de la papa (*Potato virus Y*, PVY; género *Potyvirus*) (Herrera-Vásquez *et al.* 2009b), CMV (Herrera-Vásquez *et al.* 2009a), el virus del mosaico del tabaco (*Tobacco*

mosaic virus, TMV) y el virus del mosaico del tomate (*Tomato mosaic virus*, ToMV), estos dos últimos, incluidos dentro del género *Tobamovirus* (Herrera-Vásquez 2013). PVY y CMV son transmitidos por áfidos de una manera no persistente (Brunt *et al.* 1996); mientras que TMV y ToMV son transmitidos mecánicamente y por semilla (Brunt *et al.* 1996). Estos virus podrían ser analizados en un futuro.

Adicional, resulta interesante analizar un mayor número de muestras de diferentes localidades, años y cultivares de tomate, de modo que permita obtener una mejor perspectiva sobre la presencia y distribución de ToTV en Panamá, ya que las infecciones ocasionadas por este virus varían enormemente, en función de los sistemas de producción, el ambiente y las moscas blancas como vectores. Por consiguiente, la detección de ToTV se debe realizar de manera permanente en el país.

Análisis por RT-PCR en muestras de malezas:

En este estudio se identificó, hasta el nivel de especie, 12 malezas pertenecientes a 10 familias de plantas (Cuadro 3), las cuales fueron colectadas en cultivos de tomate de distintas localidades de las provincias de Los Santos, Herrera y Veraguas en el 2011. Con la finalidad de comprobar la presencia de ToTV en las muestras de malezas colectadas, se realizó la detección del virus por RT-PCR. Todas las muestras de malezas analizadas resultaron negativas a la presencia de ToTV (Figura 3).

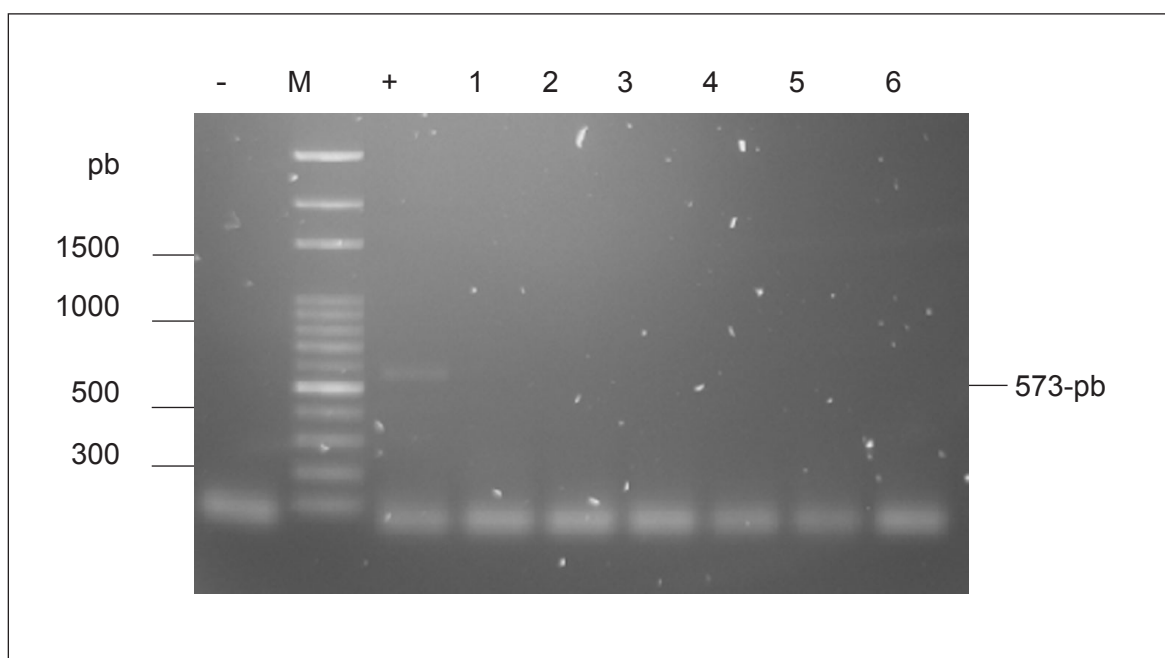


Figura 3. Amplificación por RT-PCR de 573-pb de la proteína de la cápside Vp23 del ARN 2 de ToTV, a partir de muestras de malezas colectadas en cultivos de tomate. Líneas 1-6, muestras -; -, agua ultrapura estéril; +, ToTV (aislado Mur-06); M, marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco).

CUADRO 3. PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ToTV POR RT-PCR EN MUESTRAS DE MALEZAS COLECTADAS EN EL 2011.

Localización geográfica		Especie (Familia) ^a	Detección de ToTV por RT-PCR
Provincia	Localidad		
Los Santos	El Montero, Guararé	<i>Ludwigia</i> sp. (Onagraceae) (1)	-
		<i>Euphorbia hypericifolia</i> L. (Euphorbiaceae) (1)	-
	El Hato, Guararé	<i>Portulaca oleracea</i> L. (Portulacaceae) (1)	-
		<i>Amaranthus spinosus</i> L. (Amaranthaceae) (1)	-
	Tres Quebradas,	<i>Heliotropium indicum</i> L. (Boraginaceae) (1)	-
		<i>Cleome viscosa</i> L. (Capparidaceae) (1)	-
	Los Santos	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers. (Verbenaceae) (1)	-
		<i>Amaranthus dubius</i> Mart ex Thell (Amaranthaceae) (1)	-
		<i>Parthenium hysterophorus</i> L. (Asteraceae) (1)	-
		<i>Portulaca oleracea</i> L. (Portulacaceae) (1)	-
Herrera	El Chará, Tonosí	<i>Amaranthus spinosus</i> L. (Amaranthaceae) (1)	-
		<i>Cleome viscosa</i> L. (Capparidaceae) (1)	-
	Pesé, Las Cabras ^b	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) Hara (Onagraceae) (1)	-
		<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC (Rubiaceae) (1)	-
	Los Chicharrones, Chitré	<i>Amaranthus dubius</i> Mart ex Thell (Amaranthaceae) (2)	-
		<i>Cleome viscosa</i> L. (Capparidaceae) (1)	-
		<i>Heliotropium indicum</i> L. (Boraginaceae) (1)	-
		<i>Heliotropium procumbens</i> Mill. (Boraginaceae) (1)	-
	Santa María, Los Canelos,	<i>Ludwigia</i> sp. (Onagraceae) (1)	-
	Divisa	<i>Amaranthus dubius</i> Mart ex Thell (Amaranthaceae) (1)	-
Veraguas	Santiago,	<i>Cleome viscosa</i> L. (Capparidaceae) (1)	-
	La Raya de Santa María,	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq. (Malvaceae) (2)	-
	Cañazas Abajo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart ex Thell (Amaranthaceae) (1)	-

^a El número entre paréntesis indica la cantidad de muestras analizadas de cada especie de maleza.

^b En esta localidad solo se colectó muestras de malezas, por lo tanto, los datos GPS no aparecen en el Cuadro 2. Las coordenadas UTM y la altitud de esta localidad son las siguientes: 550653/870642 (X/Y); 54 msnm.

Es importante indicar que Alfaro-Fernández *et al.* (2008) colectaron 72 muestras de malezas en invernaderos de tomate de Murcia e Islas Canarias (España), con la finalidad de identificar los posibles hospedantes alternativos que podrían actuar como reservorios de ToTV. La presencia de este virus fue determinada en 22 de estas muestras, identificadas taxonómicamente como *Amaranthus* sp. (Amaranthaceae); *Spergularia* sp. (Caryophyllaceae); *Atriplex* sp., *Chenopodium ambrosioides* L., *Chenopodium* sp. y *Halogetum sativus* (Loef. ex L.) Moq. (Chenopodiaceae); *Senebiera didyma* Pers. (Cruciferae); *Malva* sp. (Malvaceae); *Polygonum* sp. (Polygonaceae), y *Nicotiana glauca* Graham y *Solanum nigrum* L. (Solanaceae).

En este estudio, estas especies no fueron observadas, a excepción del género *Amaranthus* sp., descrito por Alfaro-Fernández *et al.* (2008) como hospedante de ToTV, como se indicó anteriormente. Por lo tanto, las especies *Amaranthus spinosus* L. y *Amaranthus dubius* Mart ex Thell identificadas en el trabajo, podrían actuar como potenciales hospedantes alternativos de este virus en Panamá. Sin embargo, se requiere analizar un mayor número de muestras de malezas para confirmar o negar esta hipótesis.

Análisis de secuencias de ToTV:

Con la finalidad de confirmar la identidad de ToTV y comparar los aislados panameños con los aislados de este virus de otras partes del mundo, se realizó una selección de los productos obtenidos inicialmente mediante RT-PCR con los iniciadores TR2F y TR2R. Dicha selección incluyó aislados de las dos localidades donde ToTV fue detectado en este trabajo. En este sentido, fueron seleccionados dos productos, uno de ellos obtenido de una muestra de El Montero y el otro, de El Hato, ambas localidades del distrito de Guararé, en la provincia de Los Santos. Estos productos presentaron el tamaño esperado de 573-pb correspondiente a la proteína de la cápside Vp23 del ARN 2 de ToTV, y los mismos fueron purificados y secuenciados.

Las secuencias obtenidas correspondientes a los aislados de ToTV de El Montero (ToTV-PAN2) y de El Hato (ToTV-PAN3), se compararon con las secuencias de los aislados de este virus procedente de otras regiones geográficas publicadas en la base de datos del GenBank (NCBI) (Cuadro 1), confirmando su identidad.

En estudios previos realizados por Herrera-Vásquez *et al.* (2009a), estos autores publicaron dos secuencias (GenBank Accessión Nos. FJ357161

y EU934037) del aislado ToTV-PAN1 obtenido a partir de una muestra de tomate infectada procedente de la provincia de Coclé. Sin embargo, en el presente estudio se obtienen por primera vez dos secuencias de ToTV en tomate de la provincia de Los Santos (aislados ToTV-PAN2 y ToTV-PAN3).

En todos los casos, las secuencias de los aislados ToTV-PAN2 y ToTV-PAN3 mostraron una alta homología (98-100%)

a nivel de secuencia de nucleótidos en la zona del genoma estudiada, con las secuencias de los aislados de este virus procedentes de otras latitudes geográficas (Australia, Polonia, Italia, y España), incluyendo el aislado ToTV-PAN1 de la provincia de Coclé, obtenido previamente por Herrera-Vásquez *et al.* (2009a), siendo evidente la relación entre la mayoría de las secuencias analizadas en este estudio (Figura 4).

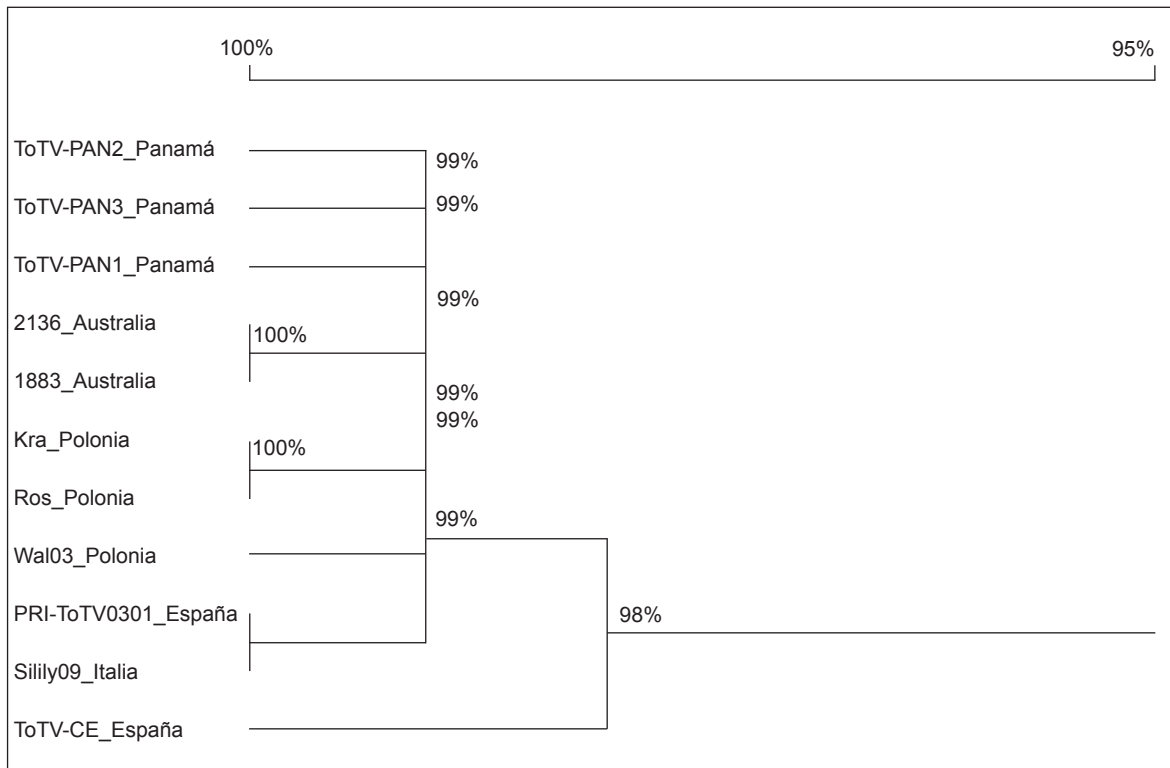


Figura 4. Árbol de homología de secuencias nucleotídicas de la proteína de la cápside Vp23 del RNA2 de ToTV obtenidas en este estudio (aislados ToTV-PAN2 y ToTV-PAN3) y en la base de datos del GenBank (NCBI) (aislados de diferentes partes del mundo). En cada caso, se indica el nombre del aislado y su país de origen.

La proteína de la cápside Vp23 revela una alta homología a nivel de nucleótidos (98-99%) entre aislados de ToTV de diferentes partes del mundo (Alfaro-Fernández *et al.* 2010a, Pospieszny *et al.* 2010), coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo. Estudios filogenéticos que involucren distintas regiones del genoma de ToTV, así como un mayor número de secuencias de este virus procedentes de Panamá y de otras latitudes geográficas, con la finalidad de determinar la variabilidad molecular mundial de ToTV, podrían llevarse a cabo en un futuro, con el propósito de emplear la información en programas de mejoramiento genético tendientes a generar materiales de tomate resistentes a este virus.

CONCLUSIONES

- Se describe la presencia y distribución de ToTV en muestras de tomate procedentes de la provincia de Los Santos, la cual fue determinada mediante la técnica de RT-PCR y su posterior confirmación mediante secuenciación de ADN.
- La información sobre la presencia y distribución de ToTV en Panamá puede ser utilizada en estudios epidemiológicos que permitan diseñar estrategias de manejo integrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro-Fernández, A; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Herrera-Vásquez, JA; Sánchez-Navarro, JA; Juárez, M; Espino, A; Martín, R; Jordá, C. 2008. First report of *Tomato torrado virus* on weed hosts in Spain. *Plant Disease* 92:831.
- Alfaro-Fernández, A; Bese, G; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Herrera-Vásquez, JA; Forray, A; Jordá, C. 2009. First report of *Tomato torrado virus* (ToTV) infecting tomato in Hungary. *Plant Disease* 93:554.
- Alfaro-Fernández, A; Cebrián, MC; Herrera-Vásquez, JA; Córdoba-Sellés, MC; Sánchez-Navarro, JA; Jordá, C. 2010a. Molecular variability of Spanish and Hungarian isolates of *Tomato torrado virus*. *Plant Pathology* 59:785-793.
- Alfaro-Fernández, A; Córdoba-Sellés, MC; Juárez, M; Herrera-Vásquez, JA; Sánchez-Navarro, JA; Cebrián, MC; Font, MI; Jordá, C. 2010b. Occurrence and geographical distribution of the "Torrado" disease in Spain. *Journal of Phytopathology* 158:457-469.

- Altschul, SF; Madden, TL; Schaffer, AA; Zhang, J; Zhang, Z; Miller, W; Lipman, DJ. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25:3389-3402.
- Amari, K; González-Ibeas, D; Gómez, P; Sempere, RN; Sánchez-Pina, MA; Aranda, MA; Díaz-Pendón, JA; Navas-Castillo, J; Moriones, E; Blanca, J; Hernández-Gallardo, MD; Anastasio, G. 2008. *Tomato torrado virus* is transmitted by *Bemisia tabaci* and infects pepper and eggplant in addition to tomato. *Plant Disease* 92:1139.
- Brunt, AA; Crabtree, K; Dallwitz, MJ; Gibbs, AJ; Watson, L; Zurcher, EJ. (eds). 1996. *Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Version: 20th August 1996 (en línea). Consultado 25 sep. 2014. Disponible en <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.
- Davino, S; Bivona, L; Iacono, G; Davino, M. 2010. First Report of *Tomato torrado virus* infecting tomato in Italy. *Plant Disease* 94:1172.
- Gambley, CF; Thomas, JE; Persley, DM; Hall, BH. 2010. First report of *Tomato torrado virus* on tomato from Australia. *Plant Disease* 94:486.
- Herrera-Vásquez, JA; Alfaro-Fernández, A; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Font, MI; Jordá, C. 2009a. First report of *Tomato torrado virus* infecting tomato in single and mixed infections with *Cucumber mosaic virus* in Panama. *Plant Disease* 93:198.
- Herrera-Vásquez, JA; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Alfaro-Fernández, A; Jordá, C. 2009b. First report of *Pepper mild mottle virus* and *Tobacco mild green mosaic virus* infecting pepper in Panama. *Plant Pathology* 58:786.
- Herrera-Vásquez, JA. 2013. Virus transmitidos por semilla de tomate y pimentón del IDIAP. *Sin publicar*.
- Mackenzie, DJ; Mclean, MA; Mukerji, S; Green, M. 1997. Improved RNA extraction from woody plants for the detection of viral pathogens by reverse transcription-polymerase chain reaction. *Plant Disease* 81:222-226.
- NAPPO (North American Plant Protection Organization). 2010. Sistema de Alerta Fitosanitaria de la Organización Norteamericana de

- Protección a las Plantas (en línea). Consultado 9 jun. 2010. Disponible en <http://www.pestalert.org/>.
- Pospieszny, H; Borodynko, N; Obrepalska-Stepłowska, A; Hasiów, B. 2007. First report of *Tomato torrado virus* in Poland. Plant Disease 91:1364.
- Pospieszny, H; Budziszewska, M; Hasiów-Jaroszewska, B; Obrepalska-Stepłowska, A; Borodynko, N. 2010. Biological and molecular characterization of Polish isolates of *Tomato torrado virus*. Journal of Phytopathology 158:56-62.
- van den Heuvel, JF; Maris, PC; Verbeek, M; Dullemans, AM; van der Vlugt, RA. 2006. Plant Virus Designated *Tomato torrado virus*. Geneva, Switzerland: World Intellectual Property Organization: Patent no.WO2006085749.
- Verbeek, M; Dullemans, AM; van den Heuvel, JFJ; Maris, PC; van der Vlugt, RAA. 2007. Identification and characterization of *Tomato torrado virus*, a new plant picorna-like virus from tomato. Archives of Virology 152:881-990.
- Verbeek, M; Dullemans, AM. 2012. First Report of *Tomato torrado virus* infecting tomato in Colombia. Plant Disease 96:592.
- Verbeek, M; van Bekkum, PJ; Dullemans, AM; van der Vlugt, RA. 2013. Torradoviruses are transmitted in a semi-persistent and stylet-borne manner by three whitefly vectors. Virus Research 186:55-60.
- Verdin, E; Gognalons, P; Wipf-Scheibel, C; Bornard, I; Ridray, G; Schoen, L; Lecoq, H. 2009. First Report of *Tomato torrado virus* in tomato crops in France. Plant Disease 93:1352.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Licda. Evelin Romero y al Licdo. Marcos Hernández (Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología del Centro Regional Universitario de Azuero-CRUA, Universidad de Panamá) por su valiosa asistencia en los trabajos de campo y laboratorio. También, queremos agradecer al personal técnico de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal (DNSV) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), por el apoyo técnico para la realización de las colectas en los cultivos de tomate en Panamá.

De igual forma, agradecemos a los especialistas Licdo. Alex Espinosa del Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN) de la Universidad de Panamá, Licda. Lucila de Zárate del Herbario de la Universidad de Panamá, y al Ing. Orlando Osorio del LPV-CIAC-IDIAP, por su colaboración en la identificación de las malezas colectadas. También, agradecemos a la Dra. Ana Alfaro del Grupo de Virología del Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM) de la

Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia, España, por facilitarnos los aislados españoles de ToTV utilizados como controles positivos, y a la Licda. Maica Cebrián (Valencia, España) por su colaboración y sugerencias en los análisis RT-PCR.

Por último, agradecemos a los productores de tomate de las diferentes localidades visitadas, por permitirnos realizar las colectas de las muestras en sus campos de cultivo.

EFFECTOS FIJOS SOBRE EL INTERVALO ENTRE PARTO EN UN SISTEMA DOBLE PROPÓSITO¹

***Axel Villalobos Cortés²; Benigno Guerrero³;
Jessica Hassán⁴; Domiciano Herrera⁵***

RESUMEN

Se evaluó los datos de los registros reproductivos de un hato de vacas Pardo Suizo (S) x Cebú (C), para determinar el efecto de algunos factores fijos sobre el intervalo entre parto (IEP, n=112). El estudio se llevó a cabo en la unidad productiva de leche de la finca experimental El Ejido desde 1996 hasta el 2006. Los factores fijos estudiados fueron: grupo racial (GR), nivel de intensificación (NI), número de parto (NP) y época de parto (EP). Los grupos raciales estudiados fueron $\frac{1}{2}$ S X C (n=75) y $\frac{3}{4}$ S X C (n=37), la media general de IEP fue de $438,84 \pm 9,56$ días. No se observó diferencias significativas para las fuentes de variación estudiadas a excepción de NI. El NI 2 fue el que mejor comportamiento mostró con una media y error estándar de $406,15 \pm 15,17$ días, lo que representó una disminución del 17% en días improductivos para la explotación. Se concluyó que la influencia de las tecnologías que se puedan aplicar sobre un sistema productivo similar puede mejorar la productividad en contraste con el pago por el producto que se genere en dichas explotaciones.

PALABRAS CLAVES: Grupo racial, nivel de intensificación, ganadería, reproducción animal, productividad.

¹Recepción: 13 de septiembre de 2013. Aceptación: 1 de diciembre de 2014. Trabajo realizado en el Proyecto: Producción y evaluación de sementales F1 y $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* x *Bos indicus* para estabilizar y mejorar los hatos en los sistemas de producción de carne y leche.

²Ph.D. en Conservación y Mejora Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).
e-mail: villalobos.axel@gmail.com

³M.Sc. en Gestión Agroempresarial y Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA).

⁴M.Sc. en Agroforestería Tropical. IDIAP. CIAA.

⁵M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. CIAA

FIXED EFFECTS OF PRODUCTIVE PERFORMANCE IN DOUBLE PURPOSE SYSTEM

ABSTRACT

Data of reproduction records of Brown Swiss (S) x Zebu (C) herd were evaluated, to determine the effect of some fixed factors on the calving interval (IEP, $n=112$), in a semi-intensive double purpose system. The study was carried out in the productive milk unit of El Ejido experimental facility, from 1996 to the 2006. The studied fixed factors were: racial group (GR), intensification level (NI), parity number (NP), calving season (EP). The racial groups studied were $\frac{1}{2}$ S X C ($n=75$) y $\frac{3}{4}$ S X C ($n=37$). The overall mean was $438,84 \pm 9,56$ days. No significant differences were found in all factors except for NI. The NI 2 had the better behavior, showing a mean and standard error of $406,15 \pm 15,17$ days, representing 17% of diminution of unproductive days of the herd. We concluded that the influence of the applied technologies over a similar productive system may improve the productivity against the payments due to the generated oriducts in those herds.

KEYWORDS: Racial group, intensification level, cattle raising, animal reproduction, productivity.

INTRODUCCIÓN

En comparación con los sistemas especializados, la ganadería doble propósito es menos eficiente en producir leche por lactancia, de manera que el ternero se aprovecha para compensar esta deficiencia. Este sistema utiliza tecnología de bajo insumo con un mínimo manejo sanitario y reproductivo (Tewolde 1998).

Los productores que se dedican a la ganadería de doble propósito en nuestro medio, como en Latinoamérica y demás regiones tropicales, frecuentemente utilizan cruces de razas cebuínas y europeas para poder aprovechar la

heterosis que es la diferencia entre las cruzas recíprocas F_1 (AxB y BxA) y el promedio de las razas paternas (Nitter 2000). En otros términos, es la superioridad de los hijos respecto a los padres. De esta manera, se obtiene un bovino con la capacidad de producir leche, la habilidad materna que posee el *Bos taurus* como el Holstein, Pardo Suizo, Guernsey, entre otros, y a la vez, la rusticidad y resistencia frente al medio tropical que posee el *Bos indicus* como el Sahiwal, Brahman, Gyr, entre otros (Cundiff 2000).

El genotipo predominante en esta zona es menor al 50% de sangre *Bos taurus*, lo que representa un inconveniente

para aquellos productores que deseen dar un salto tecnológico a un sistema mejorado (Medina *et al.* 2002).

Trabajos realizados por diversos autores (Vaccaro *et al.* 1991, Osorio 1998, Tewolde 1998) han establecido la proporción de encaste que debe poseer un bovino en el trópico, el cual se encuentra entre 50% y 75% de genes europeos y de cebuínos entre 25% y 50%.

La eficiencia reproductiva es uno de los problemas más apremiantes dentro de estos sistemas, ya que se han observado intervalos entre partos (IEP) prolongados, lo que disminuye la vida productiva de la vaca y la cosecha total de terneros por vida útil, asignándole como variable de alto peso económico dentro de este sistema productivo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el IEP de genotipos Pardo Suizo (S) con Cebú (C), y el efecto de algunos factores fijos en un sistema doble propósito en la región de Azuero, particularmente en el distrito de Los Santos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el periodo de 1996 a 2006, en la unidad productiva de leche de la finca experimental El Ejido, Los Santos, correspondiente a la zona de vida de bosque seco tropical. Las

instalaciones se encuentran a una altura de 26 msnm, con temperatura media anual de 27,5°C y precipitación media anual de 1122 mm.

La finca tiene una extensión de 100 ha y cuenta con recursos forrajeros tales como la *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon nlemfluensis* y *Digitaria swazilandensis*, manejados bajo pastoreo rotacional y suplementos, utilizando concentrados y mezclas líquidas basadas en melaza, urea, maíz, soya y una premezcla de sales minerales.

Durante la época seca (enero a mayo), los bovinos se mantuvieron bajo estabulación y se alimentaron con ensilaje de maíz y el suplemento basado en mezclas líquidas. La unidad posee una galera de ordeño mecanizado en tándem con capacidad para cuatro animales y dos ordeños simultáneos. Se práctica el doble ordeño sin ternero y cuenta con tanque de enfriamiento, sala de espera, depósito de medicamentos y alimentos.

En el ordeño se realizó cada mes la prueba de California Mastitis Test (CMT) con un examen bacteriológico para las vacas que marcaron positivo.

El manejo de la salud se efectuó mediante métodos de prevención y control de enfermedades parasitarias: control

de parásitos internos cada seis meses o cuando se elevó a más de 200 huevos/g (hpg), inmunización (bacterina triple cada seis meses) y exámenes de brucelosis y leucosis enzoótica bovina.

En cuanto al manejo reproductivo se da seguimiento a un calendario de exámenes ginecológicos diseñados dentro de un programa informático denominado VAMPP®, el cual es un programa para el manejo, control reproductivo y productivo de fincas lecheras, doble propósito, cría y engorde.

Los grupos raciales estudiados fueron: Genotipo 1: $\frac{1}{2}$ S x C (n=75); Genotipo 2: $\frac{3}{4}$ S x C (n= 37).

Se dio seguimiento a la información previamente registrada desde 1996 y se incluyó en el programa VAMPP® hasta el 2003, lo que permitió evaluar el IEP (n=112). Los niveles de intensificación (NI) evaluados fueron de 1996 a 2000 NI=1 (n=55), se operó el sistema mediante un ordeño con ternero al pie de la vaca, los terneros se destetaron de 8 a 10 meses y se manejó una rotación de potreros con parcelas de 2500 m².

Desde el año 2000, se intensificó el sistema NI=2 (n=57) mediante la inclusión de una máquina de ordeño, efectuando

dos ordeños diarios y eliminando el ternero al pie de la vaca, el cual estimula la lactación. Además, el periodo de destete se disminuyó a cuatro meses y se añadió a la dieta una suplementación adicional. Se estableció la técnica de cercas eléctricas para optimizar el uso de los pastos.

Para este análisis se utilizó el método de mínimos cuadrados. Se calculó las medias, para el intervalo entre partos (IEP), como efecto del grupo racial (GR), nivel de intensificación (NI), número de parto (NP), época de parto (EP), mediante el siguiente modelo general de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = \mu + GR_i + NI_j + NP_k + EP_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable dependiente (IEP);

μ = Media general;

GR_i = Efecto fijo del grupo racial ($\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$);

NI_j = Efecto fijo nivel de intensificación (1,2);

NP_k = Efecto fijo de la número de parto (1, 2, 3, ...7);

EP_l = Efecto fijo de época de parto (1, 2);

ε_{ijkl} = Error aleatorio asociado a las observaciones.

Las interacciones no fueron consideradas en el modelo final al resultar no significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($P>0,05$) para ninguna de las variables estudiadas a excepción de NI ($P=0,017$). La media general $\pm$ error estándar de IEP fue de $438,84 \pm 9,56$ días. Los valores de IEP observados en este trabajo son mayores a los encontrados por Bodisco *et al.* (1968) en Venezuela, quienes reportaron valores de 426 días, igualmente, Guerra *et al.* (1998) reportaron valores de 377 días de IEP en Chiriquí.

Valores mayores de IEP, reportaron Ruíz y Moro (1998) en Veracruz con cruces de ganado Holstein (H) x Cebú

(C) y Pardo Suizo (S) x Cebú (C) con 463 días. También, es menor el reportado por Rivera (1998) en el centro experimental La Noria en Tamián, San Luis Potosí con 444 días de IEP y Tantankín en Yucatán con 455 días y Parra-Bracamonte *et al.* (2005) con 555 días. Los valores encontrados se mantuvieron dentro de la media reportada por estos autores.

El análisis de los factores fijos presentó diferencias no significativas ($P>0,05$) al evaluar el IEP por GR (Cuadro 1). Resultados similares obtuvieron Hernández-Reyes *et al.* (2001) quienes no encontraron diferencia entre genotipos HxC y SxC en México.

CUADRO 1. MEDIA DE MÍNIMOS CUADRADOS Y ERRORES ESTÁNDARES.

Factor	n	IEP	ee
Grupo racial (GR)			
1/2	75	433,08 ^a	12,20
3/4	37	433,13 ^a	19,86
NI			
1	55	460,07 ^a	17,46
2	57	406,15 ^b	15,66
Número de parto (NP)			
1			
2	30	443,74 ^a	18,99
3	26	441,72 ^a	20,11
4	18	432,27 ^a	25,50
5	17	441,88 ^a	26,06
6	10	419,32 ^a	33,11
7	11	419,73 ^a	32,41
Época de parto (EP)			
1	71	443,28 ^a	13,10
2	41	422,94 ^a	18,07

IEP=Intervalo entre partos; ee=error estándar.

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0,05$).

Resultados diferentes encontraron Parra-Bracamonte *et al.* (2005) quienes reportaron diferencias significativas al evaluar diversos genotipos en México, Yucatán, siendo los genotipos media sangre los que menores IEP mostraron con $431,0 \pm 18,5$ días.

Se observó diferencias significativas ($P=0,018$) en la evaluación de IEP como efecto del nivel de intensificación. Se encontró que el NI 2 presentó un IEP de

$406,15 \pm 15,66$ días, lo que representó una reducción cerca del 12% respecto a NI 1.

Es importante considerar la disminución del IEP por efecto de la disminución de los días de amamantamiento del ternero en la finca, lo que facilitó el retorno del ciclo estral y representó un mayor número esperado de terneros en la vida del animal (Figura 1).

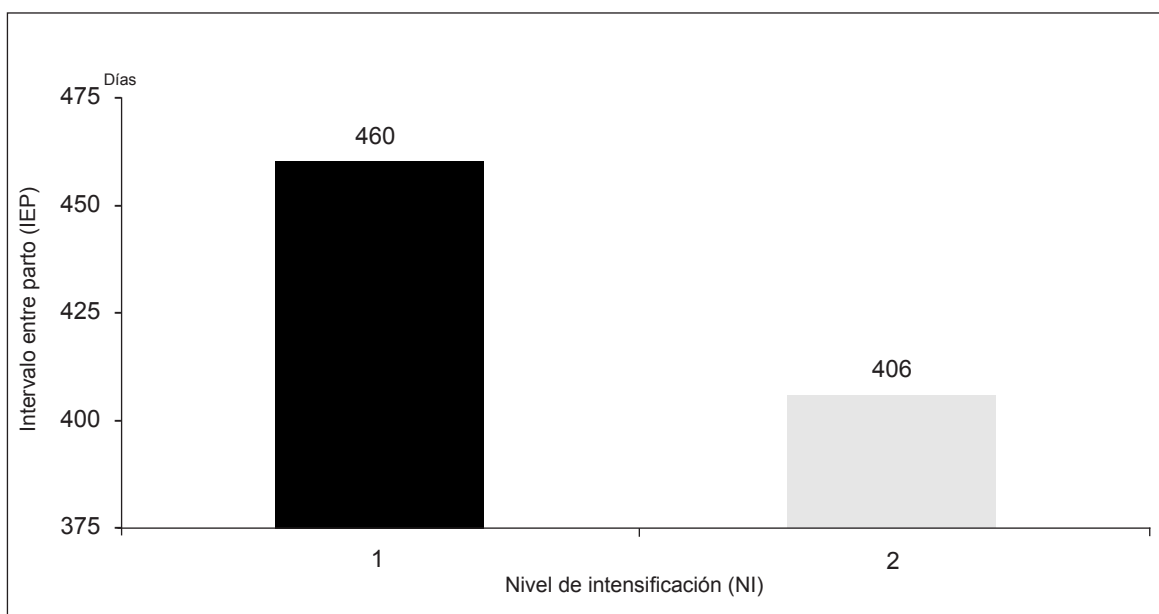


Figura 1. Intervalo entre parto por nivel de intensificación.

Se observó diferencia no significativa ($P>0,05$) para la variable IEP por NP. Aunque el análisis resultó no significativo, se observó que el IEP disminuyó a medida que se incrementó el número de parto, siendo el primer parto

el que mayor valor reportó, con $443,73 \pm 18,99$ días.

Resultados similares encontraron Hernández-Reyes *et al.* (2001) y Parra-Bracamonte *et al.* (2005) estudiando

genotipos similares en México-Yucatán, de los cuales, el primer parto resultó con mayores días, explicando que este efecto se debió a los ajustes fisiológicos que

se llevan a cabo en hembras jóvenes, lo que provocó una prolongación de los días abiertos y el retorno a un nuevo ciclo estral (Figura 2).

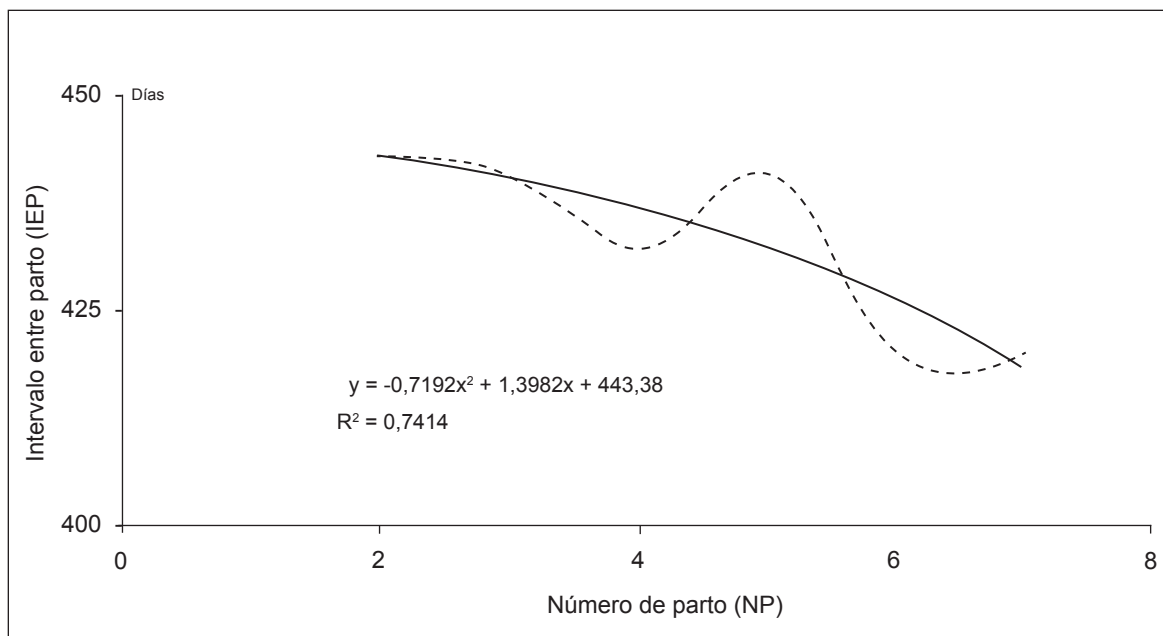


Figura 2. Comportamiento de IEP por NP en hato bovino doble propósito.

La región de Azuero al formar parte del Arco seco del país (Bosque seco tropical), está fuertemente afectado por la baja o nula precipitación pluvial que se produce durante la época seca, lo que afecta la capacidad reproductiva de las vacas y, por ende, la rentabilidad de las fincas ganaderas de doble propósito, ya que la escasez de fuentes estables de alimentación disminuyen la capacidad corporal del bovino, misma correlacionada con la fertilidad de las vacas.

En este sentido, no se observó diferencia significativa ($P > 0,05$) en relación a la EP, aunque se presentó

una mayor concentración de partos en los meses de la época lluviosa, donde hay mayor disponibilidad de alimento para las vacas, lo que resultó ventajoso (González-Stagnaro *et al.* 2006). Es posible que no hubo diferencia significativa debido a que los niveles de alimentación (suplementación), en el caso de esta finca, fueron constantes durante el año y pudieron haber evitado una mayor diferencia en IEP. Esta estacionalidad (lluvia y seca), tiende a presentarse con mayor efecto en vacas de cría en pastoreo con poca o nula suplementación (Figura 3).

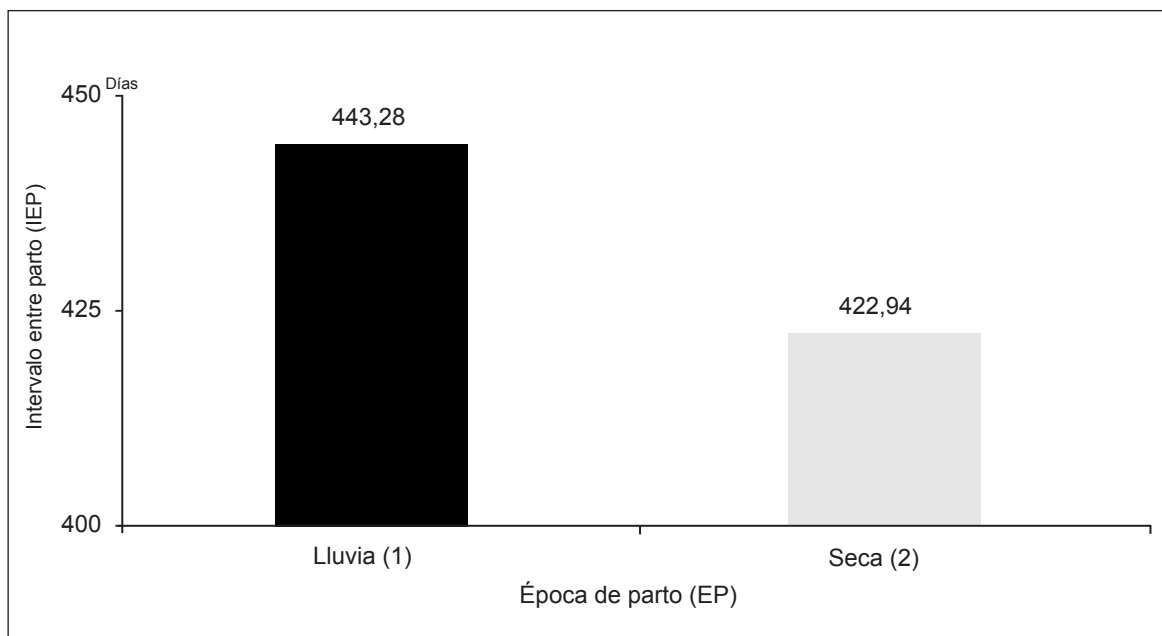


Figura 3. Comportamiento de IEP por EP en hato bovino doble propósito.

CONCLUSIÓN

- El grupo racial, el número de parto y la época de parto no ejercieron efecto sobre el intervalo entre parto. El nivel de intensificación dos (NI 2) ejerció un efecto positivo sobre el intervalo entre parto, lo que una mejora en el manejo tecnológico en sistemas productivos con similar manejo, ayudaría de forma positiva a la vida útil de las hembras, produciendo en forma teórica, mayor cantidad de terneros para la venta y aumentaría el tiempo de lactancia en la vida de la vaca, particularmente en la época seca donde hay menor disponibilidad de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bodisco, V; Carnevali, A; Cevallos, E; Gómez, JR. 1968. Cuatro lactancias consecutivas en vacas Criollas y Pardo Suizas en Maracay, Venezuela. ALPA. 3:61-75.
- Cundiff, L. 2000. Evaluación y utilización de razas de ganado bovino europeas y cebuinas para la producción de carne. *In* Ciclo de Conferencias sobre Evaluación, Comercialización y Mejoramiento Genético. SAGAR-CONARGEN Tuxtla Gutiérrez. Chiapas, MX. p. 44-60.

- Guerra, P; González, M; González F. 1998. Efecto del nivel tecnológico sobre el comportamiento de animales de alto encaste lechero en un sistema de doble propósito. *Ciencia Agropecuaria* no. 9:137-151.
- González-Stagnaro, C; Goicoechea, J; Rodríguez, M; Madrid, N; González, D. 2006. Incorporación al servicio de novillas mestizas doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14(1):1-9.
- Hernández-Reyes, E; Segura-Correa, V; Segura-Correa, J; Osorio-Arce, M. 2001. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y producción de leche en un hato doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia* 35:699-705.
- Nitter, G. 2000. Developing Crossbreeding structures for extensive grazing systems, utilizing only indigenous animal genetic resources. *ICAR Technical (Series)* no. 3:179-206.
- Osorio, M. 1998. Características de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. *In* IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería bovina de Doble Propósito. (1998, Villa Hermosa, Tabasco). Memoria. Tabasco, MX. p. 8-24.
- Parra-Bracamonte, G; Magaña, J; Delgado, R; Osorio-Arce, M; Segura-Correa, J. 2005. Genetic and non genetic effect on productive and reproductive traits of cows in dual-purpose herds in southeastern Mexico. *Genet. Mol.* p. 482-490.
- Rivera, M. 1998. Las experiencias del FIRA en cruzamiento de ganado bovino doble propósito en el trópico, a través de los centros de desarrollo tecnológico. *In* VI Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería de Doble Propósito. (1998, Villa Hermosa, Tabasco). Memoria. Tabasco, MX. p. 78-84.
- Ruiz, F; Moro, J. 1998. Programa de mejoramiento genético con sementales híbridos en sistemas de doble propósito. *In* IV Foro de análisis de los recursos genéticos: Ganadería de doble propósito. (1998, Villa Hermosa, Tabasco). Memoria. Tabasco, MX. p. 35-43.

- Tewolde, A. 1998. Los sistemas de producción bovina de doble propósito y los recursos genéticos. *In* IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería de doble propósito. (1998, Villa Hermosa, Tabasco). Memoria. Tabasco, MX. p. 29-43.
- Vaccaro, L; Vaccaro, R; Verde, O. 1991. Productividad de bovinos de doble propósito. *In* VII Cursillo sobre Bovinos de Carne. (1991, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias). Memoria. Maracay, VE. p. 23-39.

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE RUMINAL EN NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON UREA DE BAJA SOLUBILIDAD¹

Audino Melgar M.²; Jonhatan E. González P.³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la suplementación proteica con urea de baja solubilidad sobre las características del ambiente ruminal, se utilizó dos novillos provistos de fístula ruminal, alimentados con heno de *Digitaria swazilandensis* más una mezcla de granos, reemplazando 30% del requerimiento proteico de mantenimiento por urea altamente soluble en el rumen (NASR) y por urea de baja solubilidad ruminal (NBSR). El ambiente ruminal fue evaluado a las 0; 0,5; 1; 2; 4 y 6 horas postalimentación, analizando pH y nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) en fluido ruminal, y urea (BUN) y glucosa (BGL) en sangre. Se aplicó un diseño de Bloques Completamente Aleatorizado con arreglo de parcelas divididas y comparación LSMEANS. El pH no fue afectado por el tipo de urea ($P>0,05$), pero si por el tiempo de muestreo ($P<0,05$). El pH inicial promedio fue 6,58, luego alcanzó 6,80 una hora después para NASR y a las dos horas para NBSR y luego decreció. El $\text{NH}_3\text{-N}$ fue diferente entre tratamiento ($P<0,001$) y tiempo de muestreo ($P<0,05$); durante las dos primeras horas, NASR mostró alta solubilidad (24,6 mmol/L), sugiriendo pérdidas de NH_3 a nivel ruminal, prueba de esto fue el incremento de BUN, hasta alcanzar el máximo valor a las dos horas (36,1 mg/dl). Al suplementar NBSR, los niveles de BGL fueron menores y uniformes pasado la primera hora ($P<0,01$), promoviendo una mejor sincronía entre proteína y energía para síntesis de proteína microbiana. El uso de NBSR mejoró la digestibilidad total de la dieta en un 9%, lo cual indujo a un aumento en el consumo de forraje.

PALABRAS CLAVES: Proteína, nitrógeno no proteico, rumen, nitrógeno amoniacal, fluido ruminal.

¹Recepción: 31 de marzo de 2014. Aceptación: 24 de febrero de 2015. Trabajo realizado en el Proyecto Evaluación de Nuevas Fuentes Energéticas y Proteicas para la Alimentación Animal en Panamá, financiado por el Gobierno Central.

²M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

e-mail: a.melgar@idiap.gob.pa, melgmore@gmail.com

³Estudiante graduando de Ingeniería Zootécnica. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

e-mail: jonathan727@gmail.com

RUMINAL ENVIRONMENT CHARACTERISTICS IN STEERS SUPPLEMENTED WITH LOW SOLUBILITY UREA

ABSTRACT

In order to evaluate the protein supplementation with low solubility urea on ruminal environment characteristics, we used two steers fitted with ruminal fistula, fed with *Digitaria swazilandensis* hay plus a concentrate mix. Thirty percent of the maintenance protein requirement was replaced by urea, highly soluble in the rumen (NASR) and low ruminal soluble urea (NBSR). Ruminal environment was evaluated at 0; 0,5; 1; 2; 4 and 6 hours post feeding, analyzing pH and ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) in rumen fluid and urea nitrogen (BUN) and glucose (BGL) levels in blood. Data were analyzed under a completely randomized block design with split plot arrangement and LSMEANS comparison. The pH was not affected by the type of urea ($P>0,05$), but by the sampling time ($P<0,05$). The average initial pH was 6,58, then it raised 6,80 one hour after feeding for NASR and two hours for NBSR and then decreased. Ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ was different between treatment and sampling time ($P<0,001$) during the first two hours, showed high solubility NASR (24,6 mmol/L), suggesting loss of ruminal NH_3 level, proof of this was the BUN increase, reaching peak value after two hours post feeding (36,1 mg/dl). By supplementing NBSR, BGL levels were lower ($P<0,01$) and spent the first hour uniforms post feeding, promoting better synchrony between protein and energy for microbial protein synthesis, while no differences were reported between samplings post feeding ($P>0,05$). Using NBSR improved overall diet digestibility by 9%, leading to an increase in forage intake.

KEYWORDS: Protein, non-protein nitrogen, rumen, ammonia nitrogen, rumen fluid.

INTRODUCCIÓN

Desde los trabajos de Hart *et al.* (1939) se estableció que los compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) podían ser utilizados en rumiantes, debido a su conversión en proteína por los microorganismos en el rumen, que la proteína microbiana sintetizada tenía un

valor biológico similar a la proteína vegetal (Harris y Mitchell 1941a, 1941b) y que el NNP era mejor utilizado cuando las dietas eran deficientes en proteína verdadera (Wegner *et al.* 1941a, 1941b) y en aquellas dietas con suficientes carbohidratos disponibles (Mills *et al.* 1942).

La fuente de NNP más utilizada comercialmente es la urea; esta contiene aproximadamente 46% de nitrógeno y un potencial de 287,5% de proteína cruda (PC) equivalente total para el rumiante (Escalona *et al.* 2007).

En el rumen, la urea se descompone en NH_3 , el cual es inmediatamente disponible para los microorganismos ruminales. El NH_3 es el principal compuesto nitrogenado para los microorganismos del rumen, cerca del 80% de estos microorganismos son capaces de crecer con NH_3 como única fuente de nitrógeno (Bondi 1988).

En muchos estudios se indica que la principal limitante para el uso de la urea en rumiantes es su alta solubilidad, con la consiguiente liberación brusca de NH_3 . De esta forma, es bien conocido que altos consumos de urea en un corto periodo predispone a la intoxicación (Helmer y Bartley 1971). Lo que llevó a Reid (1953) a señalar la necesidad de investigar para conseguir una degradación lenta, de forma que la liberación gradual del NH_3 permitiera una mayor eficiencia en su aprovechamiento. A partir de esto, aumentaron las investigaciones sobre las ventajas y desventajas del NNP en la suplementación animal (Loosli y McDonald 1968). A esto Rearte (1992), establece que

la máxima actividad bacteriana se logra cuando el ambiente ruminal es óptimo, es decir, tanto la digestión de la fibra como la multiplicación bacteriana alcanzan su punto máximo.

Para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen, se requiere la oportuna disponibilidad de fuentes adecuadas de nitrógeno e hidratos de carbono. La eficiencia del crecimiento microbiano y de la producción de proteína microbiana puede ser mejorada con adecuados niveles en el aporte de energía y nitrógeno en el rumen (Henning *et al.* 1993) y su balance en la ración (Nocek y Russell 1988).

Cuando la velocidad de la descomposición de la urea en NH_3 es más rápida, que la efectuada por las bacterias en convertir NH_3 en proteína (Reid 1953), se compromete el gasto energético del animal (Swensson 2003), aumenta la excreción de nitrógeno (Bristow *et al.* 1992, Tamminga 1992) y puede presentarse problemas de intoxicación (Repp *et al.* 1955, Escalona *et al.* 2007). Por lo tanto, para manejar esto, aparte de la adecuada sincronización y balance entre la proteína y la energía, sería disminuyendo la velocidad de producción de NH_3 con fuentes de NNP de baja degradabilidad y solubilidad ruminal; favoreciendo la

formación de un pH bajo que disminuya la absorción de NH_3 a nivel ruminal (Kolb 1971).

Atendiendo a esto, salió al mercado una fuente de NNP para rumiantes conocida como Optigen II® (Alltech 2008), producto introducido a Panamá en el 2010. Optigen II® permite una liberación controlada del nitrógeno debido a su baja solubilidad ruminal. De aquí, nuestro interés en evaluar y comparar las características del ambiente ruminal en novillos bajo un consumo de heno de swazi y suplementados con una mezcla de alimento concentrado donde el 3% de la mezcla fue reemplazada por urea de alta y baja solubilidad ruminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización:

El estudio se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental Carlos M. Ortega del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicado en Gualaca, provincia de Chiriquí, a una altura de 100 msnm, entre las coordenadas 8°38'20" de longitud Norte y 28°10'10" de longitud Oeste. Gualaca posee un ecosistema de bosque muy húmedo pre montano, caracterizado por una precipitación anual promedio de 4200 mm, temperatura media anual de 26,3 °C y humedad relativa de 87%.

Instalaciones:

La evaluación se realizó en una galera techada, con piso de concreto, canoas de alimentación y fuente de agua fresca. Luego de recibir control sanitario, dos novillos cruzados, con peso promedio de 304 ± 50 kg, provistos de fistula ruminal (Diamond Bar Inc., EEUU), fueron estabulados y alimentados por separado.

Manejo de la alimentación:

Una vez determinado el requerimiento nutricional de mantenimiento (NRC 2000) se ajustó de acuerdo al peso promedio de los animales (Cuadro 1), se evaluó los ingredientes y componentes de la dieta, compuesta por heno de *Digitaria swazilandensis* (swazi) y una mezcla de granos donde se incorporó la urea de alta y baja degradabilidad ruminal. La dieta se balanceó reemplazando el 30% del requerimiento de proteína de mantenimiento de cada animal por el equivalente proteico aportado por la urea. Cada animal fue alimentado con una mezcla de granos dos veces al día (8:00 a.m. y 2:00 p.m.), hasta un nivel que supiera los requerimientos nutricionales diarios de energía metabolizable en función del peso metabólico del animal ($\text{PV}^{0.75}$) para mantenimiento y dependiendo de la concentración energética del alimento (Mcal EM/kg MS). Para estimar el requerimiento de proteína se utilizó

una ecuación expresada por NRC (2000) que contempla las pérdidas dérmicas (descamaciones, pelos, entre otras), el nitrógeno fecal metabólico (NFM) y el nitrógeno urinario endógeno (NUE). Para este cálculo se consideró una excreción de NUE correspondiente a 0,4 g N/kg^{0,75}.

El heno de swazi se suministró a un nivel que permitiera un consumo

voluntario, definido por un rechazo del 10% durante el periodo de adaptación a la dieta por el animal. La mezcla de granos estuvo compuesta por 38% de maíz molido, 31% de harina de soya, 27% de pulidura de arroz, 1% de una mezcla de mineral, sal y azufre. El 3% de esta mezcla lo constituyó la urea como fuente de NNP, dependiendo del tratamiento urea altamente soluble o urea de baja solubilidad ruminal.

CUADRO 1. REQUERIMIENTO PROMEDIO DE PROTEÍNA Y ENERGÍA DE MANTENIMIENTO DE LOS ANIMALES UTILIZADOS EN EL ENSAYO.

REQUERIMIENTO PROMEDIO	NUTRIENTE		
	Materia Seca	Proteína Cruda	Energía Metabolizable
	(MS)	(PC)	(EM)
	(kg/día)	(g/día)	(Mcal/día)
	7,6	380	6,1

Requerimientos según NRC (2000).

Tratamientos:

Se evaluó dos niveles de solubilidad de la urea. El tratamiento 1 consistió en urea de alta solubilidad ruminal (NASR) y el tratamiento 2 en urea de baja solubilidad ruminal (NBSR). El potencial de proteína cruda de NASR es de 287,5%, con 46% de nitrógeno y el de NBSR es de 256,2%, con 41% de nitrógeno.

Duración del estudio:

Durante los primeros siete días del periodo inicial se suministró una dieta promedio general para ambos animales,

luego durante los siguientes siete días se sustituyó el 30% de la proteína requerida por el animal para mantenimiento por su equivalente aportado por la fuente de nitrógeno amoniacal, iniciando con NASR. Pasado este periodo, inició la primera fase experimental donde se evaluó el NASR. En el día 21 se cambió al NBSR y se esperó siete días de adaptación antes de iniciar la segunda fase experimental. En total, el estudio tuvo una duración de 35 días.

Variables de respuesta:

Dentro de cada fase experimental se tomó muestras del heno y de la mezcla de granos, haciendo una muestra compuesta por periodo para su análisis bromatológico. Durante los siete días de muestreo, se realizó mediciones por animal experimental de los parámetros o variables de respuesta que se describen a continuación:

Consumo de alimento (kg):

Se midió el consumo de forraje y de concentrado los cinco primeros días de cada periodo de evaluación. Para la determinación del consumo de forraje, se pesó la cantidad de heno suministrada durante el día y luego, se sustrajo el rechazo, pesado al siguiente día antes de las 8:00 a.m. Luego de calculado el aporte de forraje a cada animal, se le suministró la cantidad de concentrado necesaria para suplir su requerimiento de mantenimiento incluyendo la porción proteica aportada por la urea (NRC 2000).

pH del fluido ruminal:

Durante el día seis de cada periodo de muestreo, se tomó muestras del fluido ruminal para analizar su pH. Aproximadamente, 150 mL de fluido ruminal fue extraído de la sección ventral del rumen a las 0 hora, 0,5 hora, 1 hora, 2 horas, 4 horas y 6 horas, inmediatamente después de suministrada la dieta en la

mañana (8:00 a.m.), fue filtrado a través de dos capas de gaza y se midió su pH por medio de un potenciómetro digital (Orión II®).

Nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en el fluido ruminal (mmol/L):

De cada muestra colectada de fluido ruminal para la medición del pH, se guardó 100 mL en un envase hermético con tapa y se mantuvo sobre hielo (4°C) para su conservación hasta llegar al laboratorio. La determinación de N-NH₃ se realizó por destilación en un equipo Kjeldahl, siguiendo la metodología descrita por Preston (1986).

Contenido de urea en el plasma sanguíneo (mg/dl):

Se tomó muestras de sangre a cada animal, paralelas al tiempo de colecta del fluido ruminal. Para esto, se colectó una muestra de 10 mL de sangre de la vena coccígea. En el laboratorio se determinó la concentración de urea en el plasma sanguíneo, utilizando la técnica descrita por McCullough (1967) y adaptada a tiras de lectura en un equipo Reflotron®.

Contenido de glucosa en el plasma sanguíneo (mg/dl):

La concentración de glucosa en el plasma sanguíneo se realizó sobre las mismas muestras colectadas para determinar la urea en el plasma sanguíneo,

haciendo el análisis por medio de tiras de lectura en un equipo Reflotron®.

Digestibilidad aparente total *in situ* (%):

Para medir la digestibilidad aparente total se determinó la fracción del alimento consumido que desapareció (digerido y absorbido) en su paso por el tracto gastrointestinal (TGI). Se expresó como porcentaje del alimento consumido total. Para esto, se determinó la fibra ácido detergente (FDA) del alimento consumido y de las excretas durante el periodo de muestreo, haciendo una mezcla compuesta homogénea del alimento consumido total y una para las heces. Luego de analizadas, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{FDA consumida} - \text{FDA excretada} \times 100}{\text{FDA consumida}}$$

Diseño experimental:

Los datos de ambiente ruminal fueron analizados en un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas a través del siguiente modelo lineal fijo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + (\beta * T)_{ij} + P_k + (P * T)_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

μ = Media general;

β_i = Efecto del i-ésimo bloque (Animal);

T_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor A (Tipo de urea);

$(\beta * T)_{ij}$ = Error experimental asociado al Tipo de urea);

P_k = Efecto de k-ésimo nivel del factor B (Tiempo de muestreo);

$(P * T)_{jk}$ = Efecto de la interacción A*B (Tipo de urea * Tiempo de muestreo);

e_{ijk} = Error experimental asociado al Tiempo de muestreo.

La comparación de las medias de las variables de respuesta se realizó a través de diferencia mínima significativa (LSMEANS), utilizando un valor $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características del ambiente ruminal del ganado bovino en confinamiento con alto consumo de heno de swazi fueron estudiadas al sustituir el 30% de la proteína requerida para mantenimiento, por una fuente de NNP. Se utilizó un 30% de sustitución, ya que en estudios anteriores, la mayor respuesta biológica con NNP se ha obtenido con este nivel de sustitución (Astibia 1982, Néstor 2005, Escalona *et al.* 2007).

Los resultados de la comparación de medias por medio de LSMEANS para los tipos de urea y entre los puntos de

muestreo postingestión se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS PARÁMETROS DE AMBIENTE RUMINAL EN NOVILLOS SUPLEMENTADOS CON UREA DE ALTA Y BAJA SOLUBILIDAD RUMINAL.

Ambiente ruminal	Tipo de urea ¹	Medias en tiempo postingestión (Hora)						Valor de P^2	
		0	0,5	1	2	4	6	Media	Tipo de urea
pH	NASR	6,70 ^a	6,75 ^a	6,80 ^a	6,73 ^a	6,58 ^b	6,60 ^b	6,69 ^A	0,7726 0,0376
	NBSR	6,47 ^c	6,76 ^a	6,75 ^a	6,81 ^a	6,70 ^a	6,59 ^b	6,68 ^A	
NH ₃ N (mmol/L)	NASR	25,9a ^A	26,3a ^A	24,1a ^A	22,2a ^A	14,6b ^A	10,8b ^A	20,6 ^A	0,0004 0,0117
	NBSR	6,3c ^B	13,9a ^B	17,1a ^A	17,7a ^A	12,7ab ^A	7,0b ^{cA}	12,4 ^B	
Urea (mg/dl)	NASR	31,1c ^A	33,2bc ^A	34,1ab ^A	36,1a ^A	35,8a ^A	34,4ab ^A	33,3 ^A	0,0299 0,0590
	NBSR	26,2b ^B	28,6b ^B	30,3a ^B	31,1a ^B	31,5a ^B	31,5a ^B	29,9 ^B	
Glucosa (mg/dl)	NASR	77,4 ^A	83,2 ^A	97,1 ^A	77,4 ^A	86,4 ^A	84,6 ^A	84,3 ^A	0,0049 0,4522
	NBSR	71,2 ^A	59,1 ^B	58,6 ^B	77,4 ^B	64,3 ^A	78,0 ^A	64,2 ^B	

¹ NASR = Nitrógeno altamente soluble en el rumen, NBSR= Nitrógeno de baja solubilidad en el rumen.

² Valor de probabilidad.

^{abc} = Medias con distinta letra dentro de una misma fila son estadísticamente diferentes a $P<0,05$.

^{AB} = Medias con distinta letra dentro de una misma columna, para cada variable, son estadísticamente diferentes a $P<0,05$.

pH del fluido ruminal:

El pH promedio del rumen no fue afectado ($P>0,05$) por el tipo de urea presente en la dieta, lo que mostró que la liberación de NH₃, independientemente, si proviene de una fuente de NNP altamente soluble o de baja solubilidad, afecta el pH del rumen durante el proceso de fermentación (Cuadro 2).

El valor máximo de pH registrado para NASR fue de 6,8 a una hora postingestión del alimento y para NBSR fue de 6,81 obtenido a las dos horas postingestión del alimento ($P<0,05$). Ambos valores se mantuvieron fisiológicamente óptimos dentro del proceso de fermentación ruminal, considerando el concepto óptimo de actividad bacteriana en la fermentación

ruminal, cuando la digestión de la fibra como la multiplicación bacteriana alcanzan su punto máximo, donde el rango de pH debe estar en 6,7 a 6,8 (Rearte 1992).

Esto puede observarse mejor en la Figura 1, donde se muestra el comportamiento del pH del fluido ruminal durante los diferentes puntos de muestreo.

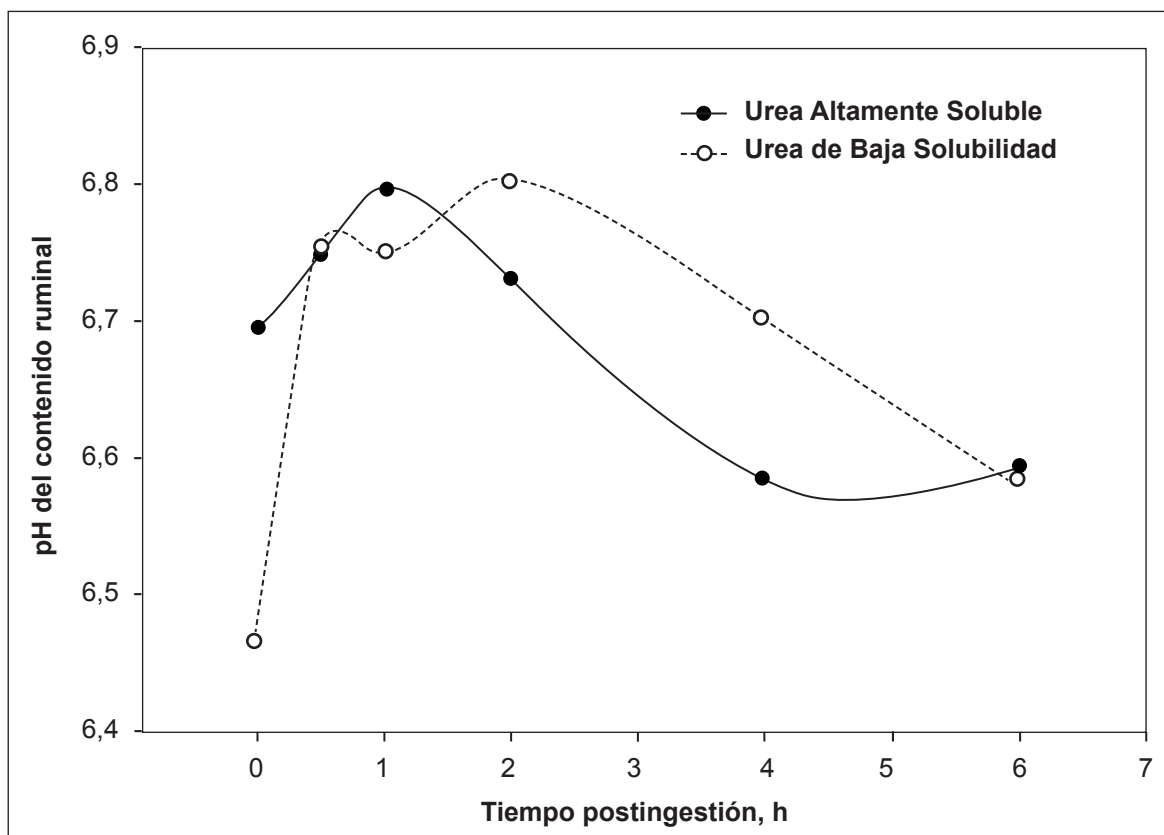


Figura 1. Valores de ph en contenido ruminal postingestión del alimento concentrado.

Nitrógeno amoniacal (N-NH_3) en el fluido ruminal (mmol/L):

El tipo de urea tuvo efectos ($P < 0,001$) sobre la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el fluido del rumen (Cuadro 2); así como la hora de muestreo ($P < 0,05$).

La mayor concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ fue reportada para NASR, con 26,3 mmol/L, el cual se registró a las 0,5 horas

postingestión del alimento concentrado, mientras que para NBSR el valor máximo registrado fue de 17,7 mmol/L y se registró a las dos horas después de ingerido el alimento.

Esto se debió a que la liberación de NH_3 de la fuente de NASR fue inmediata al suministro de la dieta y fue disminuyendo al transcurrir las horas, hasta reducirse a

la mitad pasada las seis horas de haber sido suministrado el alimento concentrado (Figura 2), similar a resultados reportados por Wegner *et al.* 1941a, 1941b. También, a un mayor nivel de reciclaje de la urea a través de la saliva o de las paredes del rumen, donde se encuentran grupos de bacterias que segregan la enzima ureasa, transformando la urea contenida en el plasma sanguíneo en $\text{NH}_3\text{-N}$ disponible en el rumen (Kennedy 1992).

La síntesis de proteína microbiana depende de la solubilidad y degradación del nitrógeno y la disponibilidad de

energía para las bacterias ruminales. Se evidenció la menor solubilidad del NBSR, permitiendo lograr mejor sincronía entre las bases carbonadas o cetoácidos y el $\text{NH}_3\text{-N}$, lo que promueve un mayor aprovechamiento de este en la síntesis de aminoácidos por las bacterias en el rumen (Johnson 1976, Henningh 1993). La liberación lenta de N-NH_3 de NBSR mejora la sincronización entre los cetoácidos y el amoníaco, permitiendo que los microorganismos ruminales realicen un uso eficiente de estos productos en la síntesis de proteína microbiana.

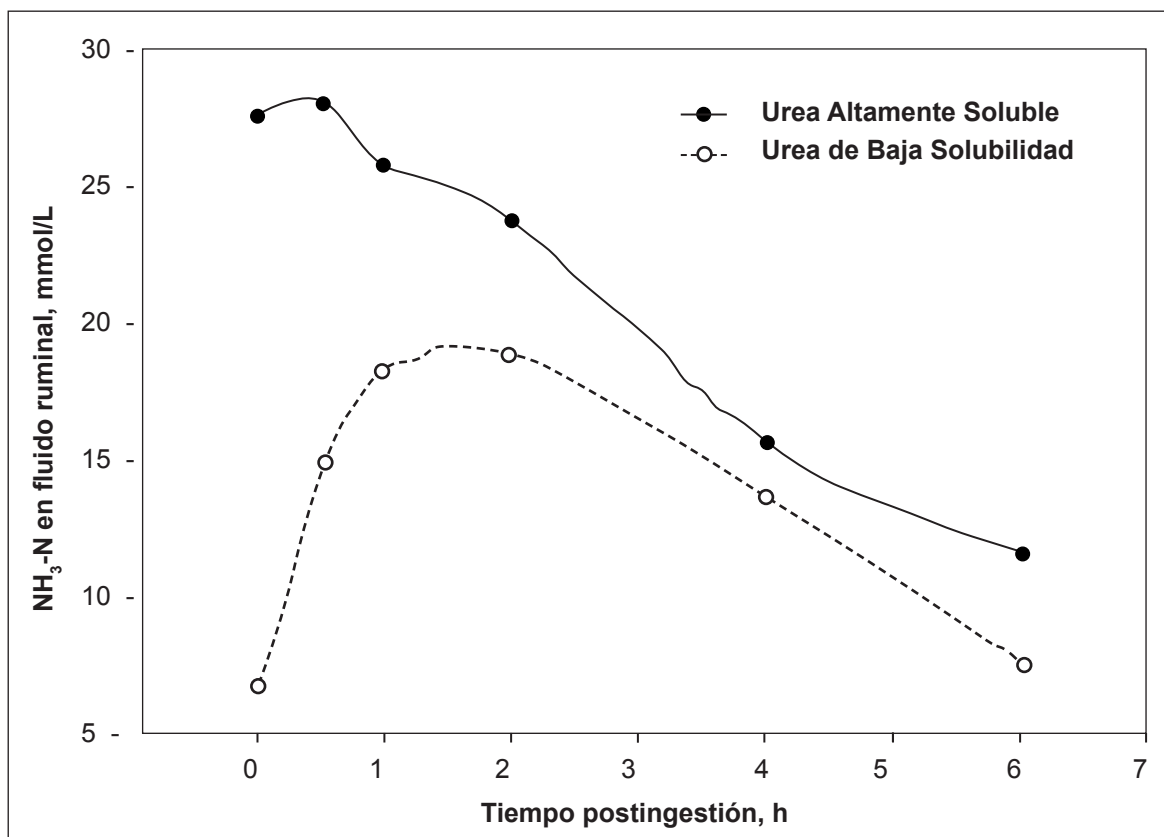


Figura 2. Concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en fluido ruminal postingestión del alimento concentrado.

Contenido de urea en el plasma sanguíneo (mg/dl):

El contenido de urea en el plasma sanguíneo fue dependiente ($P < 0,05$) de la fuente de NNP (Cuadro 2) y no así de la hora postingestión ($P > 0,05$). El menor contenido de urea en el plasma sanguíneo para NBSR pudo deberse al efecto causado por el porcentaje de urea sustituida en el concentrado, la cual al tener menor solubilidad ruminal permitía mejorar la sincronía entre la liberación de $\text{NH}_3\text{-N}$ y las bases carbonadas (cetoácidos), los cuales son utilizados por los microorganismos ruminales para la síntesis de aminoácidos y su propio aprovechamiento, lo cual repercute en una mayor producción de proteína de

origen microbiano y una menor pérdida de $\text{NH}_3\text{-N}$, incrementando la posibilidad de sustituir una mayor cantidad de proteína de la dieta.

Al observar la concentración de urea en el plasma sanguíneo (Figura 3), se evidenció un mayor paso de $\text{NH}_3\text{-N}$ del rumen hacia el plasma sanguíneo con NASR, lo que causa posibles pérdidas energéticas por la transformación en urea a nivel del hígado (Kennedy y Milligan 1978). De acuerdo a esto, casos severos puede llevar al animal a una hipoglucemia. Por el contrario, cuando se utilizó NBSR la concentración de urea en el plasma sanguíneo presentó valores más bajos y estables en el tiempo de muestreo, pasado las dos horas postalimentación.

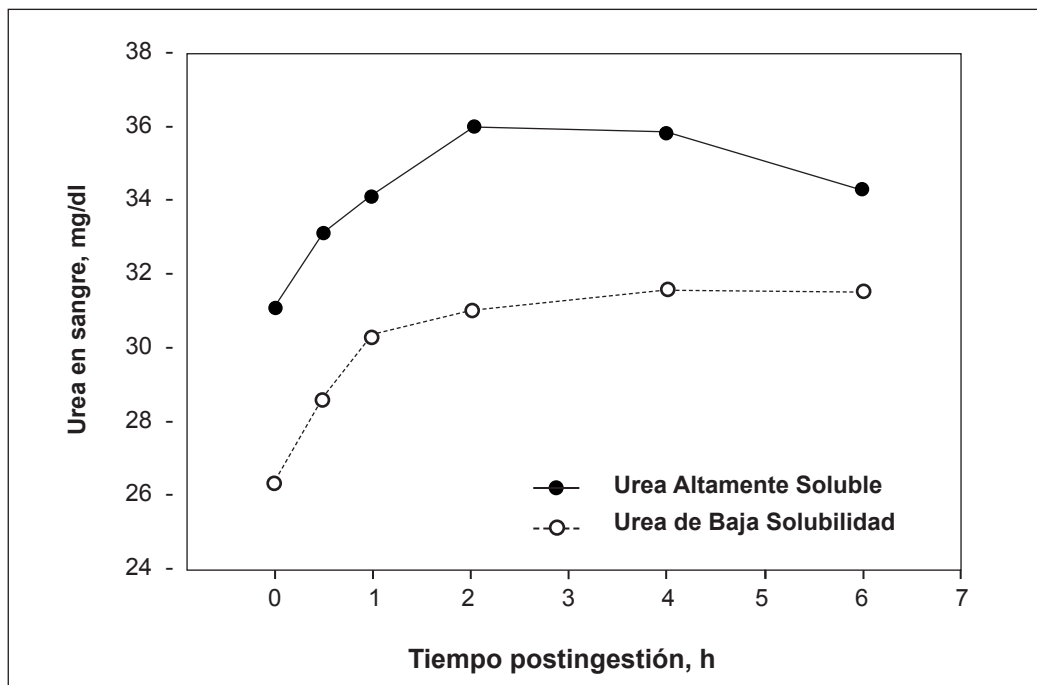


Figura 3. Concentración de urea en plasma sanguíneo postingestión del alimento concentrado.

Contenido de glucosa en el plasma sanguíneo (mg/dl):

El tipo de urea afectó ($P<0,01$) la concentración de glucosa en la sangre (Cuadro 2); entre las horas de muestreo no se reportó diferencia ($P>0,05$). La diferencia en el contenido de glucosa en el plasma sanguíneo es producto de la menor solubilidad de la urea en el tratamiento NBSR, lo que indicó una mejor sincronía entre el $\text{NH}_3\text{-N}$ y la energía, mejorando la producción de proteína microbiana a partir de las fuentes energéticas de alta solubilidad ruminal presentes en la dieta.

Los mayores niveles de glucosa en sangre fueron reportados para el consumo de NASR. Esto pudo deberse a una menor utilización de las fuentes de carbohidratos de alta solubilidad contenidas en la

dieta, por parte de los microorganismos ruminales. Tal como reportaron Nocek y Russell (1988), cuando existe una alta disponibilidad de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen la actividad microbiana se incrementa hasta un punto donde se mantiene constante, lo que inhibe el crecimiento y reproducción de los microorganismos ruminales, provocando el movimiento de la glucosa que no logra ser utilizada hacia la sangre.

La menor concentración de glucosa en el plasma sanguíneo con la dieta a base de NBSR puede explicarse, ya que la lenta liberación de $\text{NH}_3\text{-N}$ permite a las fuentes de carbohidratos de alta solubilidad ser inmediatamente utilizadas, dando un aumento en los niveles de glucosa en el tiempo aportado por las fuentes de carbohidratos estructurales.

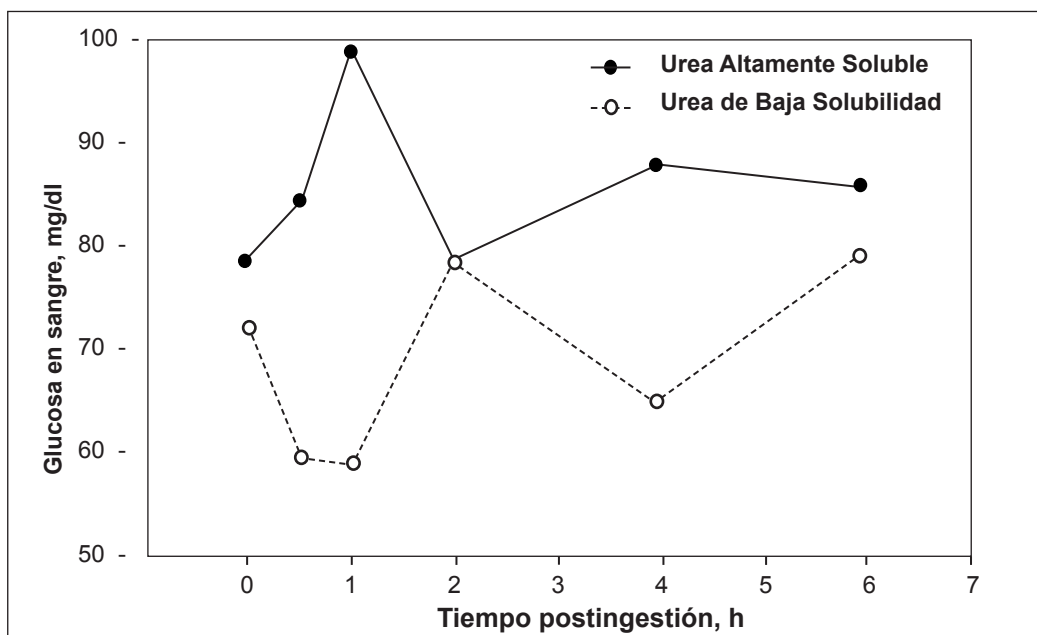


Figura 4. Concentración de glucosa en el plasma sanguíneo postingestión del alimento concentrado.

Consumo de heno y alimento concentrado:

Durante el periodo de adaptación se registró el consumo del heno hasta lograr un 10% de rechazo, lo que correspondió a un consumo promedio de 4,42 kg. Para calcular la cantidad de alimento concentrado a suministrar se consideró el contenido de proteína cruda del heno (4,16%), su materia seca (87%) y el requerimiento nutricional promedio del animal. El aporte del heno fue de 160 g/día; por lo tanto, los 220 g faltantes fueron suministrados a través de la mezcla de granos conteniendo la fuente de NNP.

El consumo de alimento concentrado se mantuvo constante durante el experimento, ya que su aporte fue ajustado para suplir solamente los requerimientos nutricionales de mantenimiento. Al comparar el consumo de heno durante la inclusión y evaluación de los tratamientos (Cuadro 3), se observó un cambio en el consumo (Kennedy 1992).

Para el tratamiento con NASR, los animales consumieron en promedio 1,7% de su peso vivo, mientras que al cambiar a NBSR, el consumo aumentó a 2,5% de peso vivo. Este aumento en el consumo nos sugiere un aumento en la digestibilidad del heno.

CUADRO 4. CONSUMO PROMEDIO DE HENO DE SWAZI DURANTE LA EVALUACIÓN DE CADA TRATAMIENTO.

CONSUMO PROMEDIO (animal/día)	kg de heno		% de peso vivo	
	NASR ¹	NBSR ²	NASR ¹	NBSR ²
A	5,90	9,07	1,5	2,5
B	5,44	6,80	1,8	2,5
PROMEDIO	5,67	7,93	1,7	2,5

¹ NASR (Nitrógeno altamente soluble en el rumen).

² NBSR (Nitrógeno de baja solubilidad en el rumen).

Digestibilidad aparente total (*in situ*):

Una vez obtenidos los datos de fibra ácido detergente (FAD) contenida en el alimento consumido (heno y mezcla de granos) y residual en las heces, se calculó la digestibilidad aparente total para cada tratamiento (Cuadro 4).

Para el tratamiento con NASR, la digestibilidad aparente fue de 23,8%, mientras que para el tratamiento con NBSR fue de 32,0%. La diferencia entre los tratamientos fue de 9%, sugiriendo un aumento en la digestibilidad de la dieta, lo que explica el aumento en el consumo

de heno de swazi. Esto sugiere que al aumentar la digestibilidad de la dieta, se promueve un efecto menos marcado del calor producido en el proceso de

fermentación ruminal, disminuyendo su incidencia en el estrés calórico sobre el animal (Altech 2008).

CUADRO 4. COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE TOTAL DURANTE CADA TRATAMIENTO.

MUESTRA	TRATAMIENTO (% FAD ¹)	
	NASR ²	NBSR ³
Heno + Concentrado	39,1	40,9
Heces	29,8	27,8
Digestibilidad aparente total	23,8	32,0
Diferencia	9,0 %	

¹ FAD (Fibra ácido detergente).

² NASR (Nitrógeno altamente soluble en el rumen).

³ NBSR (Nitrógeno de baja solubilidad en el rumen).

CONCLUSIONES

- Los valores medios registrados para las variables de ambiente ruminal fueron bajos cuando se utilizó la urea de baja solubilidad ruminal, lo que indicó que ejerce un efecto significativo y positivo sobre los parámetros de ambiente ruminal, los cuales se mantuvieron en niveles adecuados sin comprometer el proceso de fermentación ruminal ni el crecimiento microbiano.
- La digestibilidad aparente total de la dieta suministrada a los animales se mejoró en un 9% con la urea de baja solubilidad ruminal, lo que permitió que el nitrógeno no proteico de baja solubilidad mejorara la función

de las bacterias digestoras de la fibra, aumentando la disponibilidad de los carbohidratos, estructuras presentes en el forraje. Además, al mejorar la digestibilidad aumentó el porcentaje de consumo de materia seca con relación al peso vivo.

RECOMENDACIÓN

- El nitrógeno no proteico de baja solubilidad ruminal mejora el proceso de fermentación ruminal, el consumo de fibra y la síntesis de proteína microbiana, lo que hace necesario una evaluación económica para conocer si la utilización de este producto es factible bajo los sistemas de producción en Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

- Alltech. 2008. Optigen (en línea). Consultado oct. 2012. Disponible en <http://www.alltech.com/es/brands/pages/optigen.aspx>.
- Astibia, OR; Cangiano, CA; Cocimano, MR; Santini, FJ. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(4):373-384.
- Bristow, AW; Whitehead, DC; Cockburns, JE. 1992. Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. J. Sci. Food Agric. 59:387-394.
- Bondi, AA. 1988. Nutrición animal: Metabolismo proteico de los rumiantes. Editorial Acribia, S.A., p. 155.
- Escalona, R; Ramírez, P; Barzaga, G; De La Cruz, B; Maurenis Ramayo, C. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. Sitio de la producción bovina (en línea). Consultado oct. 2012. Disponible en <http://www.produccionbovina.com/>.
- Hart, EB; Bohstedt, G; Deobald, HJ; Wegner, MI. 1939. The utilization of simple nitrogenous compounds such as urea and ammonium bicarbonate by growing calves. J. Dairy Sci. 22:785-798.
- Harris, LE; Mitchell, HH. 1941a. The value of urea in the synthesis of protein in the paunch of the ruminant. I. In maintenance. J. Nutr. 22:167-182.
- Harris, LE; Mitchell, HH. 1941b. The value of urea in the synthesis of protein in the paunch of the ruminant. II. In growth. J. Nutr. 22:183-196.
- Helmer, LG; Bartley, EE. 1971. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. J. Dairy Sci. 54:25-51.
- Henningh, P; Steyn, D; Meissner, H. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. J. Anim. Sci. 71:2516-2528.
- Johnson, RR. 1976. Influence of carbohydrate solubility on non-protein nitrogen utilization in the ruminant. J. Animal Sci. 43:184-191.
- Kennedy, PM. 1992. Suplementación con niveles crecientes de urea sobre el consumo y las características del rumen. J. Anim. Sci. 70:3916-3921.

- Kennedy, PM; Milligan, LP. 1978. Transfer of urea from the blood to the rumen of sheep. *Br. J. Nutr.* 40:149-154.
- Kolb, E. 1971. Microfactores en nutrición animal. Editorial Acribia. Zaragoza, ES. p.114-121.
- Loosli, JK; McDonald, IW. 1968. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. *FAO Agricultural Studies* no. 73.
- Néstor, EO. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. Sitio de la producción bovina (en línea). Consultado oct. 2012. Disponible en <http://www.produccionbovina.com/>.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinical Chemistry*. 17:297-304.
- Mills, RC; Booth, AN; Bohstedt, G; Hart, EB. 1942. The utilization of urea by ruminants as influenced by the presence of starch in the ration. *J. Dairy Sci.* 25:925-929.
- Nocek, JE; Russell, JB. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:2070-2107.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh Revised Edition, Updated. National Academy Press, Washington, D.C. 248 p.
- Preston, TR. 1986. Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines. 2. A practical manual for research workers. *FAO Animal Production and Health Paper* 50/2. Roma, IT.
- Rearte, D. 1992. Alimentación y calidad de leche. *Revista Nuestro Holando*. Santa Fe, Buenos Aires, Ar. p. 34-45.
- Reid, JT. 1953. Urea as a protein replacement for ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 36:955-91.
- Repp, WW; Hale, WH; Cheng, EW; Burroughs, W. 1955. The influence of value of oral administration of non-protein nitrogen feeding compounds upon blood ammonia and urea levels in lambs. *J. Anim. Sci.* 14:118-131.

- Swensson, C. 2003. Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows, N in urine and ammonia release. *Livest. Prod. Sci.* 84:125-133.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75:345-357.
- Wegner, MI; Booth, AN; Bohsted, G; Hart, EB. 1941a. Preliminary observations on chemical changes of rumen ingesta with and without urea. *J. Dairy Sci.* 24:51-6.
- Wegner, MI; Booth, AN; Bohsted, G; Hart, EB. 1941b. The utilization of urea by ruminants as influenced by the level of protein in the ration. *J. Dairy Sci.* 24:835-44.

IDIAP-R2 COMPARADO CON LAS VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL POROTO EN PANAMÁ¹

Emigdio Rodríguez Quiel²; Edwin Lorenzo³; Francisco Gonzáles⁴

RESUMEN

En el periodo comprendido entre el 2007 y 2009 se realizó un estudio de comparación entre la variedad de frijol IDIAP-R2 con las variedades Argentino y Rosado Criollo. Los ensayos fueron establecidos en las localidades de Bonita, Salitral y Río Sereno en el 2007 y 2008, mientras que en el 2009 se realizaron evaluaciones en Río Sereno, Bonita, Caisán y Salitral, en los distritos de Renacimiento y Bugaba. Se utilizó el enfoque de gestión integrada del conocimiento, donde la tecnología que se utilizó en las diferentes parcelas de evaluación fue consensuada con las diferentes agrupaciones participantes. El análisis de varianza para los datos colectados durante los tres años indicó que para la variable año y año*variedad se encontró diferencias altamente significativas ($P<0,01$). En tanto que para la variedad, las diferencias fueron significativas ($P=0,02$), mientras que para la variable año*muestra no se encontró diferencias significativas ($P=0,73$). La medición del rendimiento con 14% de humedad mostró que el año 2009 fue el mejor, con una producción de 1750 kg.ha⁻¹, seguido del rendimiento obtenido en el 2008 y 2009, con 1641 kg.ha⁻¹ y 1531 kg.ha⁻¹, respectivamente. Durante los tres años de evaluación, la mejor variedad fue IDIAP-R2 con 1750 kg.ha⁻¹, seguida de Argentino y Rosado Criollo, con rendimiento de 1601 kg.ha⁻¹ y 1583 kg.ha⁻¹, respectivamente.

PALABRAS CLAVES: Argentino, Rosado Criollo, rendimiento.

¹ Recepción: 11 de noviembre de 2013. Aceptación: 19 de diciembre de 2014. Trabajo realizado como parte del Proyecto "Utilización de Bioproductos y Tecnologías Limpias para la Producción del frijol poroto en Panamá" financiado parcialmente por SENACYT.

² M.Sc. en Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: emigdirodriguezq@gmail.com

³ M.Sc. en Gestión Empresarial. IDIAP. CIAOc.

⁴ Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: pancho125710@yahoo.com

IDIAP-R2 COMPARED WITH CREOLE BEAN VARIETIES IN PANAMA

ABSTRACT

A study was performed between 2007 and 2009 to compare IDIAP-R2 bean variety with Argentino and Pink Creole. The trials were established in the towns of Bonita, Salitral and Rio Sereno in 2007 and 2008, while in 2009 the assessments were made in Rio Sereno, Bonita, Caisán and Salitral, in the districts of Renacimiento and Bugaba. It was used the approach of integrated knowledge management, where the technology to be used in evaluating the different plots was agreed with all participating groups. The analysis of variance for data collected during the three years indicated highly significant differences for year and year*variety ($P<0,01$). However for variety, the differences were significant ($P=0,02$), while for year*sample there was no significant difference ($P=0,73$). Measuring performance with 14% humidity showed that 2009 was the best year, with a yield of 1750 kg.ha⁻¹, followed by the yields obtained in 2008 and 2009, with 1641 kg.ha⁻¹ and 1531 kg.ha⁻¹, respectively. During the three years of assessment, the best variety was IDIAP-R2 with 1750 kg.ha⁻¹, followed by Argentina and Rosado Creole varieties with yields of 1601 kg.ha⁻¹ and 1583 kg.ha⁻¹, respectively.

KEYWORDS: Argentino, Rosado Criollo, performance.

INTRODUCCIÓN

El frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo de pequeños agricultores en América Latina, África Oriental y Occidental, donde a menudo es cultivado en condiciones desfavorables y con pocos insumos (Beebe *et al.* 2008). Es una fuente de proteína y calorías de bajo costo, en especial para los pequeños agricultores de países con pobreza endémica (Rao 2002).

Los porotos sustituyeron la carencia de proteínas animales, por lo tanto, fueron llamados con todo el honor que les corresponde, la carne de los pobres. Son una noble y sabrosísima legumbre:

ricos en almidones, proteínas y fibras, minerales como cobre, manganeso, zinc, yodo, vitaminas resistentes al calor, por lo tanto difíciles de destruir, y poca grasa. Reducen el colesterol en la sangre, regulan la glicemia y mueven el intestino por el alto contenido en fibras. Es realmente sana y energética (Rodríguez 2012).

Las leguminosas de grano comúnmente cultivadas en Panamá son el frijol poroto (*P. vulgaris* L.), frijol vigna (*Vigna unguiculata*) y guandú (*Cajanus cajan*) (Rodríguez *et al.* 1995).

En Panamá, el frijol poroto se cultiva, principalmente, en las áreas de Caisán, San Andrés y Río Sereno, donde se siembran aproximadamente 4000 ha, con un rendimiento promedio de 772 kg.ha⁻¹.

En general, la siembra se efectúa en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, a elevaciones de 500 a 1500 msnm (Cardona *et al.* 1995), donde la temperatura permite un adecuado desarrollo, floración y formación de vainas. El cultivo de frijol poroto es afectado principalmente por la mustia hilachosa, debido a la utilización de prácticas inadecuadas, como la siembra de variedades criollas que son susceptibles a esta enfermedad (Araúz y Matínez 1983).

Existen tecnologías para el cultivo de frijol poroto como la preparación de suelo, nuevas variedades, métodos de siembra, densidad de siembra, fertilización, manejo de insectos, enfermedades y malezas, y métodos de cosecha (Rodríguez *et al.* 1997); las que serán comparadas con la práctica del agricultor y se evaluará el rendimiento como práctica mejorada.

El rendimiento promedio es bajo, producto del nivel tecnológico que aplican los productores, lo que se debe a la insuficiente transferencia de tecnología

que se ha dado en los últimos años. Existen aproximadamente 1200 productores de frijol poroto, principalmente en los distritos de Renacimiento y Bugaba. Se invierten durante el periodo de cultivo B/. 4 millones, de lo cual el 30% corresponde a mano de obra y logra cubrir un 80% del consumo nacional.

El cultivo de frijol poroto constituye una fuente importante de ingresos para la zona y de proteínas para las familias de escasos recursos. Los productores organizados de frijol poroto demandan la evaluación de las variedades mejoradas, en las localidades más alejadas del subcentro de Caisán donde se ha generado por tradición la tecnología para este cultivo.

La falta de consistencia en la asistencia técnica, la presión de los vendedores de insumos y el reto a tratar de ser eficientes en la producción de este grano, lleva a los agricultores a experimentar nuevas alternativas, que al final, degeneran las tecnologías que fueron desarrolladas con dedicación y esfuerzo de muchos años, de un personal especializado. Así, se introdujo la variedad Argentino producto de una variedad comercial que llegó al país y fue sembrada, y algunos productores indicaban de sus bondades en la producción de este grano.

La validación de tecnologías es un concepto que tiene muchas definiciones, como la comprobación de una innovación tecnológica comparada con la práctica de los agricultores promedio de las zonas donde se generó la tecnología. Una etapa en el desarrollo de tecnologías que antecede a la difusión de las tecnologías; no es más sencilla que la investigación, ni menos importante, ya que su implementación requiere de igual rigurosidad que la experimentación. Está consiste, en la evaluación agroecológica, socioeconómica y hasta cultural de innovaciones tecnológicas que resultaron promisorias en el proceso de generación. En este esfuerzo interviene de manera puntual, el productor quien al manejar la innovación contribuye a realizar los ajustes necesarios, debido a que las pruebas se ejecutan dentro de su entorno y son manejadas por el agricultor (Brioso 2011).

La etapa de validación permite salir de la estación experimental, donde generalmente se realizan los ensayos, hacia las fincas de productores, la cual representa una realidad en cuanto al manejo y ambiente, entendiendo este último desde el punto de vista físico, biológico, socioeconómico y cultural.

La importancia de validar las innovaciones tecnológicas es garantizar que responden a las exigencias de

los productores para su posterior transferencia, o descarte, en los casos que se determine que la innovación no representa un beneficio significativo para el productor o mejora del sistema. Por otro lado, esta segunda etapa en el desarrollo de tecnologías permite, además de producir información, cuantificar los esfuerzos que serán necesarios para transferir masivamente la tecnología generada.

Finalmente, la meta de una validación es evaluar la tecnología permitiendo anticipar su adopción e impacto potencial (Brioso 2011).

Se realizó el trabajo con el objetivo de comparar la variedad IDIAP-R2 con Rosado Criollo y Argentino en diferentes ambientes de la zona de producción de frijol poroto y recomendar una variedad para la zona de producción de este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con el enfoque de gestión integrada del conocimiento donde se negoció con los productores la tecnología a utilizar en las parcelas de validación del frijol poroto. Se ubicó seis localidades, dos fincas en el corregimiento de Bonita, dos fincas en Salitral, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, República de Panamá y dos fincas en el corregimiento de Río Sereno, distrito

de Renacimiento, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Se utilizó parcelas de 200 m² para cada tratamiento y sin repeticiones por localidad.

Las variedades utilizadas fueron IDIAP-R2, Rosado Criollo y Argentino. La variedad rosado se utilizó por ser el criollo del productor y por tener entre sus características un buen color de grano, sin embargo, es susceptible a la mustia hilachosa y presenta un rendimiento inferior a la variedad IDIAP-R2. Argentino se introdujo producto de las continuas importaciones de grano al país y la que indican los agricultores que tiene un buen rendimiento de grano.

Para la fertilización producto de la tecnología generada, se logró que los productores evaluaran la aplicación de 100 kg de urea en presencia de 50 kg de fósforo, lo que es igual a indicar la aplicación de 113 kg de 18-46-0 y 182 kg de urea.

El control de enfermedades se realizó con dos a tres aplicaciones de azoxistrobina en dosis de 50 g i.a.ha⁻¹. La cosecha se efectuó cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha y se submuestreo cada parcela cinco veces. Para el control de malezas se utilizó glufosinato de amonio en dosis de 15 g i.a.ha⁻¹.

Se utilizó un modelo aditivo lineal con un diseño Completamente al Azar y cuya fórmula matemática es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + A_j + \ell_k + AxT + AxL + LxT + AxLxT + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Media de la población;

T_i = Efecto de i-ésimo tratamiento;

A_j = Efecto de la j-ésimo año;

ℓ_k = Efecto de la K-esima localidad;

AxT = Año por el i-ésimo tratamiento;

AxL = Año por la K-esima localidad;

LxT = Localidad por el i-ésimo tratamiento;

$AxLxT$ = Año por Localidad por el i-ésimo tratamiento;

ε_{ij} = Error experimental de la i-ésima j-ésima unidad experimental.

Se utilizó la variable rendimiento de grano en kg.ha⁻¹ como único indicador de la superioridad de las variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) para los años, las localidades, variedades y las interacciones localidad por años, localidad por variedad, año por variedad y localidad por variedad por año mostrando diferencia significativa ($P \leq 0,02$) (Cuadro 1).

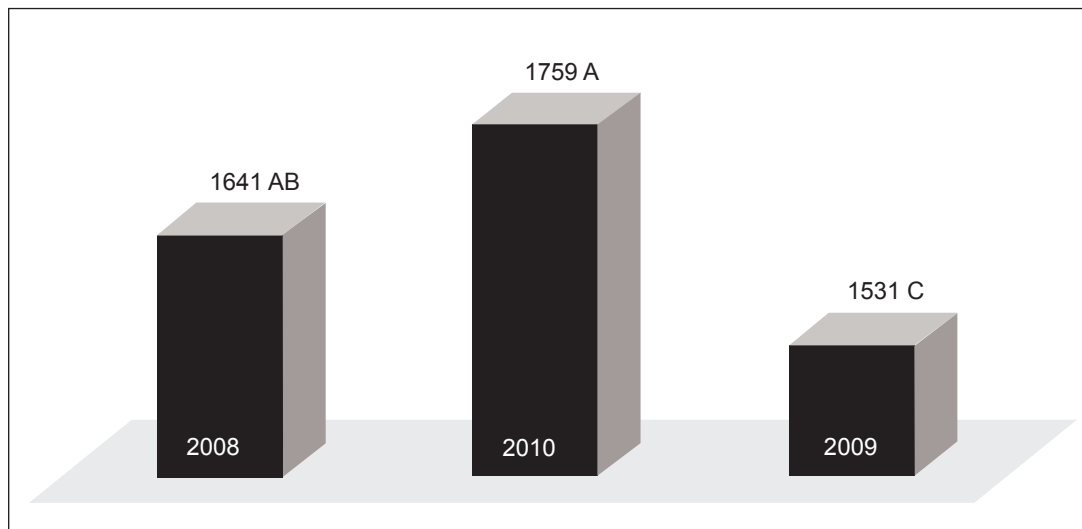
CUADRO 1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS SEIS LOCALIDADES ESTUDIADAS DURANTE TRES AÑOS CONSECUTIVOS.

F de V	gl	CM	Probabilidad
Localidad	5	3009213	0,0001 **
Años	2	1095367	0,0001 **
Variedad	2	1927509	0,0001 *
Loc x Año	10	3056791	0,0001 *
Loc x Variedad	10	169451	0,0002
Año x Variedad	4	185512	0,0124
Loc x Variedad x Año	20	135971	0,0288
Error	108	562292	

CV = 15,76%

El coeficiente de variación encontrado para este experimento fue de 15,76%, lo que mostró un buen control del experimento. Las interacciones mostraron que tanto los años, las localidades en estudio como las variedades son diferentes.

Cuando se realizó la separación de medias, a través del método propuesto por Duncan para los años evaluados, se encontró que el mejor de los años fue el 2010 con un rendimiento de 1759 kg.ha⁻¹, seguido del 2008 y 2009 con 1641 kg.ha⁻¹ y 1531 kg.ha⁻¹, respectivamente y no mostraron diferencia estadística entre sí (Figura 1).

**Figura 1. Efecto de los años sobre el rendimiento de las variedades evaluadas.**

En la zona del estudio no existe estación meteorológica, ni en las localidades cercana, donde se puedan extrapolar los datos de precipitación. Sin embargo, por observaciones de los productores, técnicos especialistas en el cultivo y los investigadores, este efecto en el rendimiento se lo atribuyeron a los diferentes niveles de lluvias que se dieron entre los años.

Para el rendimiento al 14% de humedad, la mejor de las variedades fue el IDIAP-R2 con 1750 kg.ha⁻¹, la cual superó estadísticamente al Argentino y Rosado Criollo los que produjeron 1601 kg.ha⁻¹ y 1583 kg.ha⁻¹, respectivamente (Figura 2). Esto se observó utilizando el promedio del

rendimiento de los tres años consecutivos en las diferentes zonas de producción.

IDIAP-R2 mostró un rendimiento superior a la variedad Rosado Criollo a través de los diferentes años.

Por otro lado, esta prueba de validación demostró la superioridad del rendimiento que tiene IDIAP-R2 sobre la variedad Criolla y Argentino.

La variedad IDIAP-R2 tiene entre otras características de importancia, un comportamiento en la época de cosecha que permite mantenerse como una planta erecta y sus vainas no tocan el suelo, lo que permite que en la etapa de madurez

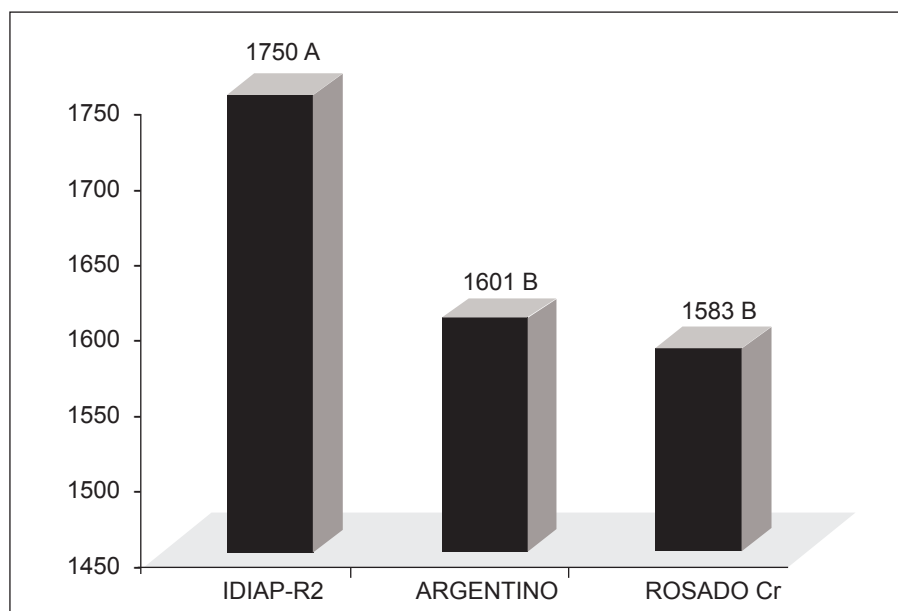


Figura 2. Rendimiento en kg.ha⁻¹ de las variedades evaluadas.

se pueda dejar en el campo y esperar a que pase el temporal para realizar su cosecha.

En evaluaciones anteriores, la variedad IDIAP-R2 mostró resistencia intermedia al ataque de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*, Frank, Donk) obteniendo valores entre 10% y 25% de severidad de la enfermedad, mientras que la variedad Rosado Criollo obtiene valores arriba del 50% de severidad de la enfermedad haciendo que esta sea una variedad susceptible al ataque de este patógeno (Rodríguez y Lorenzo 2009).

Cuando se aplicó la prueba de Duncan para las seis localidades ubicadas en Bonita, Río Sereno y Salitral, la mejor de estas fue Bonita 1 y Bonita 2 con un rendimiento estadísticamente superior con 1679 kg.ha⁻¹ y 1650 kg.ha⁻¹, respectivamente; mientras que las otras cuatro localidades, Río Sereno 1 y 2, y Salitral 1 y 2, fueron estadísticamente iguales (Figura 3). Esto indicó que la mejor área para la siembra de frijol poroto en la provincia de Chiriquí es la zona de Bonita donde se obtuvo el mejor rendimiento.

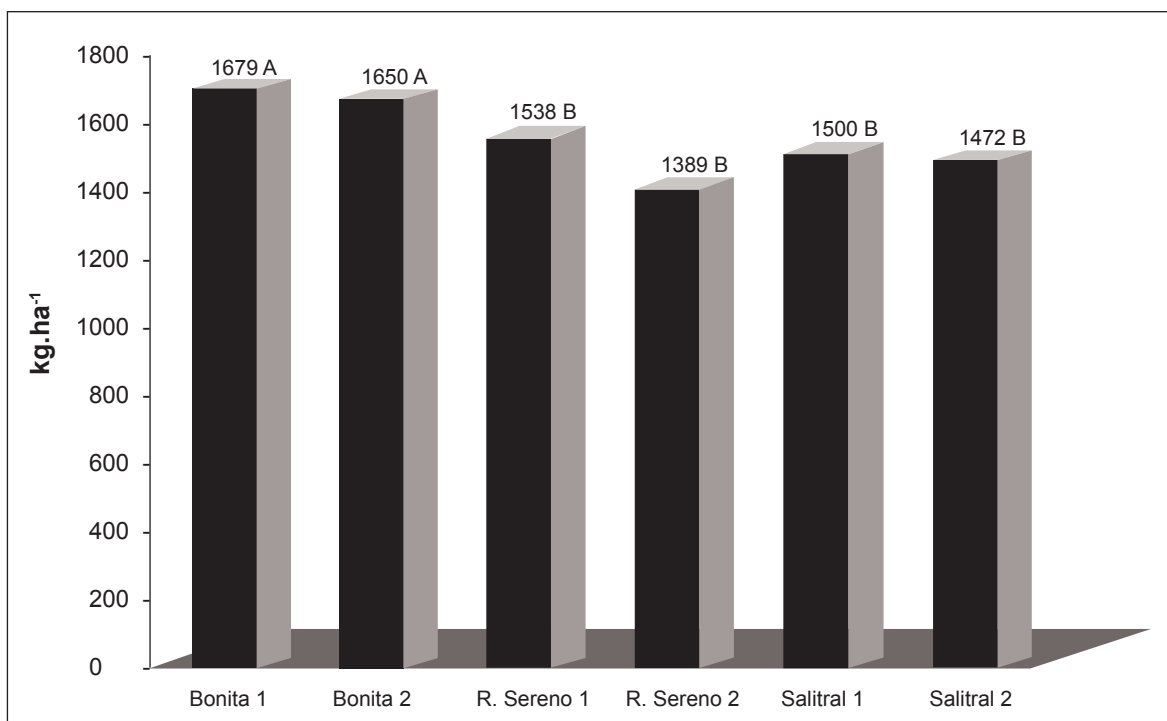


Figura 3. Rendimiento por localidad.

A los productores que participaron de esta actividad se les preguntó si estarían dispuestos a utilizar las variedades

mejoradas e indicaron que sí es favorable para la actividad, sin embargo el 60% de los productores indicaron que no tenían

acceso a la información, lo que indicó que persiste un problema de difusión de la tecnología generada para este cultivo.

Se encontró que dentro del grupo de productores el 35% hacen uso de las variedades mejoradas y un 65% continúan el uso de las variedades criollas

(Cuadro 2), lo que pone de manifiesto la falta de asistencia técnica, extensión, apropiación del conocimiento, lo cierto es que se generan las variedades y la información no llega a los productores, evitando obtener una mejoría significativa en el cultivo.

CUADRO 2. USO DE LAS VARIEDADES MEJORADAS Y CRIOLLAS POR LOS PRODUCTORES DE LAS ZONAS DE BONITA, SALITRAL Y RÍO SERENO.

VARIEDADES	PRODUCTORES	%
Mejoradas	14	35
Criollas	26	65
Total	40	100

Se le preguntó a los productores, las razones por las cuales sembrarían las variedades mejoradas e indicaron que por su mayor rendimiento y mejor comercialización que la variedad Rosado criollo; siendo esta una aseveración que hacen, debido a los compradores que llegan a las zonas de producción pidiendo la variedad IDIAP-R2 y cuando se tienen otras variedades como el Rosado criollo o Argentino le disminuyen el precio. También, indicaron que es una variedad con mayor nivel de resistencia a las enfermedades, comparado con las variedades criollas, razón por la cual la variedad IDIAP-R2 fue liberada en el 2000 como variedad comercial.

Los productores manifestaron que la variedad IDIAP-R2 ofrece un grano de mayor calidad, ya que los compradores lo prefieren por su facilidad de venta. Los productores ratificaron el hecho de que la variedad IDIAP-R2 es mejor pagada que las criollas.

Por otro lado, el 35% de los agricultores utilizan las variedades mejoradas y un 65% las criollas y consideraron que el precio de la semilla es un poco elevada y el 35% consideró los precios como accesibles. Está limitante, se observa cuando la producción de las semillas está en manos de los agricultores, los que le asignan un precio mayor y se debe a las labores adicionales que se requieren efectuar para producir semillas de buena calidad.

El IDIAP produce semilla en categoría registrada a un costo de B/. 1,82/kg y los agricultores que se dedican a producir semilla en categoría registrada venden a un precio aproximado de B/. 2,20/kg.

Consultados los productores sobre la calidad de las semillas, el 100% indicó que es de buena calidad, ya que observaron que la semilla estaba libre de patógenos, humedad adecuada, buena germinación, sin mezclas físicas y las variedades producidas conservan los atributos de calidad propios de las semillas.

El 42% de los productores opinaron que existe disponibilidad de semilla oportuna, el 35% producen su propia semilla y el 23% manifestaron la falta de disponibilidad de semillas.

Es evidente que existe un problema de difusión de la tecnología, lo que requerirá de un mayor esfuerzo institucional o del estado panameño para resolver.

CONCLUSIONES

- La mejor de las localidades para la producción de frijol poroto en la provincia de Chiriquí es la comunidad de Bonita de San Andrés por su alto rendimiento.

- El efecto de los años sobre el rendimiento de las variedades fue mayor en el 2010 que en el resto de los años de evaluación.
- Se demostró por tres años consecutivos que la variedad IDIAP-R2 es superior en rendimiento de grano.
- El 35% de los agricultores utilizan variedades mejoradas y el costo de las semillas es un factor determinante.

BIBLIOGRAFÍA

- Araúz, JR; Martínez, JC. 1983. Desarrollando tecnología apropiada para el agricultor: informe del progreso del Programa de Caisán en Panamá. IDIAP- CIMMYT. 119 p.
- Beebe, S; Rao, IM, Cajiaco, C; Grajales, M. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Sci.* 48:582-592.
- Brioso, A. 2011. Generación, Validación, Transferencia y Adopción de Tecnologías Agropecuarias y Forestales. IDIAF. República Dominicana.

- Cardona, C; Flor, C; Morales, F; Pastor-Corrales, M. 1995. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. Cali, CO. CIAT. 220 p.
- Rao, IM. 2002. Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropic: The case of common vean and tropical forages. New York, NY. p. 583-613.
- Rodríguez, E; Lorenzo, E; Acosta, M; González, F; Mora, B; Godoy, G. 1995. Manejo de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Revista Agronomía Mesoamericana 10(1):99-108. Consultado 24 oct. 2009. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v10n01_099.pdf.
- Rodríguez, EQ; Lorenzo, E; De Gracia, R; González, GD; González, F. 1997. Manual técnico del manejo integrado del frijol común o poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en el sistema de mínima labranza. Panamá, PA. IDIAP. 75 p.
- Rodríguez, EQ.; Lorenzo, E. 2009. Manual técnico: tecnologías para el manejo integrado del cultivo de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá. Panamá, PA. IDIAP. 32 p.
- Rodríguez, EQ. 2012. Manual Técnico. Producción de semillas de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*) con tecnología amigable con el medio ambiente. 49 p.

SENSIBILIDAD AL CLORPIRIFOS Y CIPERMETRINA EN LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus* EN FINCAS GANADERAS DE PANAMÁ¹

**Marcelino Jaén Torrijos²; Víctor Álvarez Calderón³; Rina Quintero Noriega⁵;
Karla Espinales⁴; Giselle Rangel Tapia⁴; Norahymis Quintero Vega⁵**

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar mediante el Bioensayo del Paquete de Larvas y Dosis Discriminantes, la sensibilidad a los acaricidas clorpirifos (organofosforado) y cipermetrina (piretroide sintético) en la garrapata *Rhipicephalus microplus* en bovinos de fincas localizadas en algunas zonas y provincias de la República de Panamá. El estudio fue dividido en dos períodos, en el primero se muestreó 26 fincas de noviembre del 2008 a diciembre del 2009, e incluyó la zona de Bosque Húmedo Tropical de las subcuencas de los ríos Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado, en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, y el segundo de mayo del 2010 a julio del 2012 donde se visitó 25 fincas localizadas en Bosque Seco y Húmedo Tropical de las provincias de Darién, Panamá, Coclé, Herrera, Los Santos, Veraguas y Chiriquí. Los resultados del primer período (2008-2009) demostró que la cipermetrina logró un porcentaje de mortalidad promedio de garrapatas de 14,1% con un rango de 1,36% a 47,22%, que se considera de bajo a medio y el clorpirifos un promedio de 99,5% de mortalidad con un rango de 97,5% a 100,00%, lo que indicó alta sensibilidad en la mortalidad. En el segundo periodo (2010-2012) se obtuvo porcentajes de mortalidad promedio de garrapatas con cipermetrina de 33,89% (rango de 13,27% a 95,23%) y clorpirifos de 99,13% (rango de 96,58% a 100%). Se concluyó que el bioensayo fue validado bajo las condiciones locales de laboratorio y campo, y se obtuvo resultados confiables de la sensibilidad a la cipermetrina y clorpirifos en garrapatas *Rhipicephalus microplus*.

PALABRAS CLAVES: Bovinos, acaricidas, bioensayos, resistencia química, mortalidad.

¹Recepción: 17 de diciembre de 2014. Aceptación: 19 de marzo de 2015. Investigación financiada por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT-Proyecto COL-025-2006) y el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

² M.Sc. en Ciencia Veterinaria Tropical. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).

³ M.Sc. en Ciencia Veterinaria Tropical. Dirección de Medicamentos Veterinarios, Servicio Nacional de Salud Animal, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

⁴ MV. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC) y Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG).

⁵ Estudiante de Lic. en Biología. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Centro Regional Universitario de Azuero. Universidad de Panamá.

CLORPIRIFOS AND CIPERMETRINA SENSIBILITY FOR TICKS *Rhipicephalus microplus* IN PANAMANIAN HERDS

ABSTRACT

The objective of this study was to determine by the bioassay technique of Larval and Dosage Discriminants Package, the sensitivity to chlorpyrifos (organophosphate) and cypermethrin (synthetic pyrethroid) for the tick *Rhipicephalus microplus* on cattle farms of the Republic of Panama. The study was divided into two periods, 26 farms were sampled during the first period from November 2008 to December 2009, and it included the Tropical rainforest area of the sub-basins of los Hules, Tinajones and Caño Quebrado rivers, within the Panama Canal basin, The second period of study was from May 2010 to July 2012, where 25 farms were sampled; it included the dry forest and tropical rain forest in the provinces of Darien, Panama, Cocle, Herrera, Los Santos, Veraguas and Chiriqui. The results of the first period (2008-2009) showed an average mortality rate of ticks of 14,1% with cypermethrin, with a range from 1,36% to 47,22%, which is considered low to medium. Chlorpyrifos averaged 99,5% of mortality with a range of 97,5% to 100,00%, indicating high mortality sensitivity. In the second period (2010-2012) mortality rates of tick averaged 33,89% (range of 13,27% to 95,23%) with cipermetrina and for chlorpyrifos 99,13% (range of 96,58% to 100%) was obtained. It is concluded that the bioassay was validated under local laboratory and field conditions, and it achieved reliable results on cypermethrin and chlorpyrifos sensitivity for *Rhipicephalus microplus* ticks.

KEY WORDS: Bovine, acaricidas, bioassay, chemistry resistance, mortality.

INTRODUCCIÓN

La garrapata tropical del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* causa graves pérdidas económicas, que se traducen en baja producción de leche, lento crecimiento y ganancia de peso, transmisión de enfermedades como la Babesiosis y Anaplasmosis. El uso indiscriminado de químicos ha generado resistencia química con un alto costo de control (FAO 1987, 2003, Vega 1991).

Panamá es un país neotropical, situación que favorece la proliferación de

vectores transmisores de enfermedades, tanto a los humanos como en animales.

En el último siglo, se han realizado diversos estudios sobre ciclos biológicos, transmisión de enfermedades, huéspedes susceptibles y distribución de las garrapatas, principalmente en animales silvestres. Además, se ha determinado que la *R. microplus* y el *Amblyomma cajennense* son las principales garrapatas que afectan a los bovinos (Fairchild *et al.* 1966). Esto fue corroborado por Morán *et al.* (1995) en su estudio sobre distribución

de las garrapatas del ganado bovino en 1200 fincas de diferentes provincias de Panamá, donde encontraron prevalencias del *R. microplus* y *A. cajennense*, de fincas infestadas de 70% a 98% y de 5% a 25%, respectivamente.

Posteriormente, en 150 fincas de las provincias de Panamá, Chiriquí, Colón, Herrera, Los Santos, Coclé y Veraguas se estudió el efecto *in vitro* de insecticidas sobre la ovipostura de teleóginas de *R. microplus* y el porcentaje de eclosión, encontrando valores entre 0% y 85% cuando se utilizó piretroides sintéticos (PS) comerciales.

Resultados similares encontraron Caballero *et al.* (1995) en tres ecosistemas lecheros de la provincia de Chiriquí, cuando evaluaron diferentes acaricidas *in vitro* sobre la letalidad de teleóginas, ovipostura y producción de larvas de *R. microplus*.

La variabilidad en los resultados probablemente se debió a diferentes condiciones en el desarrollo del estudio (envío y recolección de muestras, pruebas de laboratorio y diferencia entre técnicos). Sin embargo, brindó indicios de la efectividad de los productos comerciales utilizados. Por otro lado, en el país, la práctica para controlar las garrapatas de

los bovinos se basa casi exclusivamente en el control químico, esta es insuficiente y de un alto riesgo de daño al entorno natural y a la salud; por lo que requiere la integración de procesos apropiados de generación y divulgación de tecnología; así como, el diagnóstico de la resistencia química de las garrapatas a los acaricidas y validar bajo las condiciones de nuestro medio.

El objetivo de este estudio fue determinar mediante el bioensayo del Paquete de Larvas y Dosis Discriminantes, la sensibilidad a los acaricidas clorpirifos (OF) y cipermetrina (PS) en la garrapata *R. microplus* en bovinos de fincas ganaderas de la República de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El primer estudio incluyó el noroeste del distrito de la Chorrera, provincia de Panamá en las subcuencas de los ríos Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado que son parte del área de captación hídrica del Lago Gatún, en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, zona que está clasificada según Holdridge como Bosque Húmedo Tropical (ANP 1975). El segundo estudio, se desarrolló en zonas de Bosque Seco Tropical y Húmedo Tropical de las provincias de Darién, Panamá, Coclé, Herrera, Los Santos, Veraguas y Chiriquí (Figura 1).

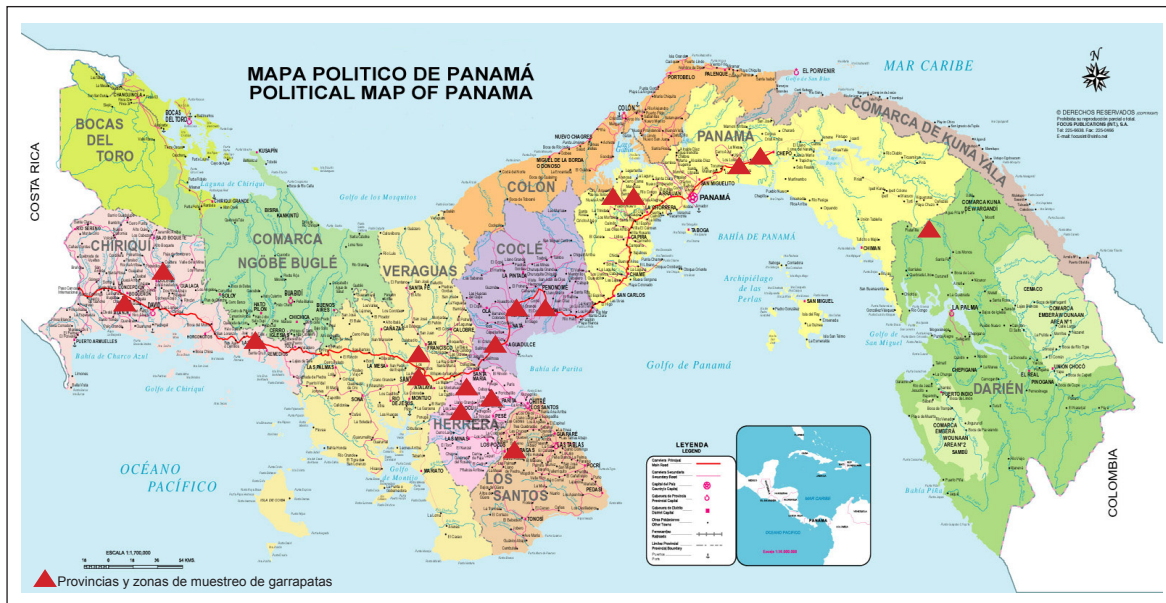


Figura 1. Localización de las fincas ganaderas en las provincias y zonas de muestreo de garrapatas. República de Panamá. Años 2008-2012.

En el primer periodo se muestreó a conveniencia, según la disposición de los ganaderos a colaborar, 26 fincas de ganado bovino desde noviembre de 2008 hasta diciembre de 2009. El segundo periodo fue desde mayo de 2010 hasta julio de 2012, visitando 25 fincas, cada una fue visitada una o dos veces y se realizó un muestreo al azar en bovinos preferiblemente los que se encontraban con mayor infestación de garrapatas. Se recolectó a contra pelo en número no menor de cinco garrapatas *R. microplus* teleóginas (hembras) mayores de 4,5 mm por finca. Se depositaron en frascos de vidrio con papel toalla húmeda y protegido de la luz.

Según el formulario, se registró los datos de la zona, finca, bovinos, número y región del bovino donde se tomaron las muestras. Durante el primer periodo, se muestreó 87 bovinos y se recolectó 1925 garrapatas, y en el segundo, fueron 145 bovinos con 853 especímenes. Se realizó una encuesta sobre el manejo de la finca con énfasis en el control de las garrapatas.

Para realizar este estudio se utilizó la Prueba de Paquete de Larvas y Dosis Discriminantes (Stone y Haydock 1962) y los trabajos realizados en Costa Rica por Álvarez *et al.* (2001), Álvarez y Hernández (2010) donde utilizaron este bioensayo para determinar la resistencia al amidinas-organofosforados y piretroides sintéticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las 26 fincas de los años 2008-2009, indicó que 53,3% fueron del sistema de producción de leche, 23,3% de cría, 10% de ceba y 13,3% poseen los tres sistemas.

En relación a las 25 fincas de los años 2010-2012, el 64% fueron de cría y el 36% del sistema de leche.

Los resultados de las Pruebas de Larvas y Dosis Discriminantes en las

garrapatas de las 26 fincas del primer periodo de muestreo demostró que la cipermetrina obtuvo un porcentaje de mortalidad promedio de garrapatas de 14,1% con un rango de 1,36% a 47,22%, el cual se considera de bajo a medio y el clorpirifos registró un promedio de 99,5% de mortalidad con un rango de 97,5% a 100,00% (Figura 2); por lo tanto, se consideró que en todas las fincas evaluadas hubo una baja a media sensibilidad a la cipermetrina y alta al clorpirifos.

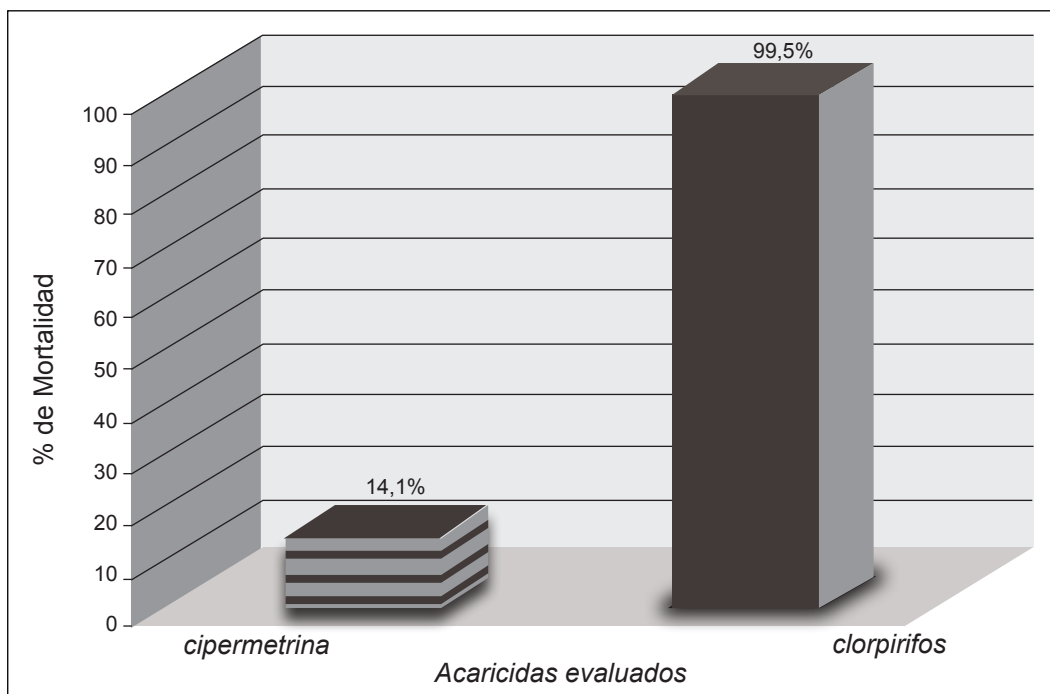


Figura 2. Porcentaje de mortalidad de larvas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* con cipermetrina y clorpirifos. Promedio de 26 fincas, subcuencas ríos Los Hules, Caño Quebrado y Tinajones, cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. 2008-2009.

En el segundo periodo, los resultados de las 25 fincas presentó de 13,27% a 95,23% de mortalidad para la cipermetrina y de 96,58 a 100% para el clorpirifos (Figura 3); sin embargo, en la provincia de Darién, la mortalidad tanto

para la cipermetrina y clorpirifos fue 95,23% y 100%, respectivamente, estas fueron fincas de cría con ganado *Bos indicus*; por lo tanto, la presión por el uso de químicos para el control pudo haber sido menor.

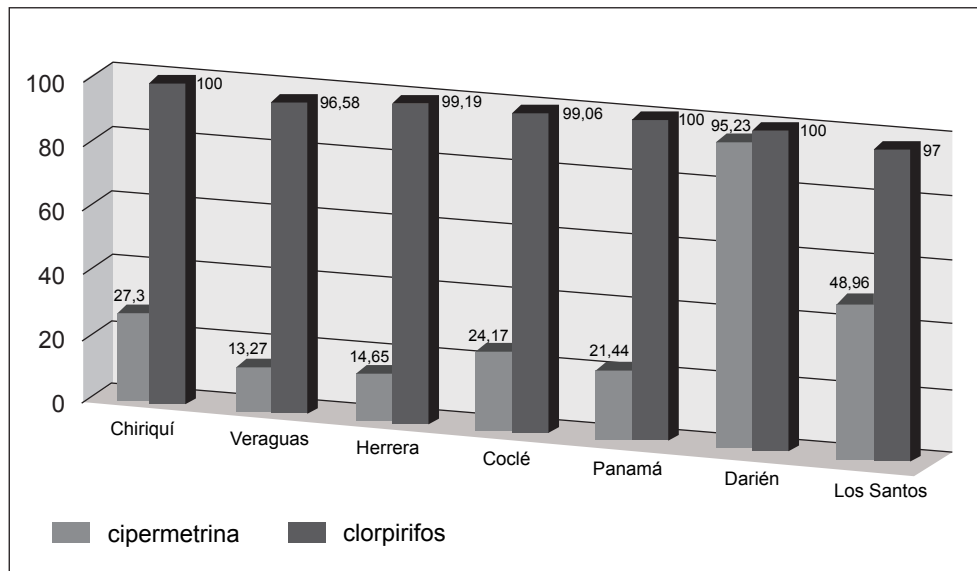


Figura 3. Porcentaje de mortalidad de larvas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* con cipermetrina y clorpirifos. Promedio de 25 fincas/provincias. República de Panamá (2010-2012).

Por otro lado, es posible que estos resultados se encontraran influidos por el sistema de producción de leche, donde predominan las cruas de bovinos *B. taurus* por *B. indicus*, las cuales son menos resistentes a la infestación por garrapatas; así como, a una alta frecuencia de control donde el 76% (periodo 2008-2009) y el 44% (periodo 2010-2012) de las fincas realizaron baños en un tiempo menor a los 15 días.

Respuestas similares fueron reportados por Stephan Hagen (1997), el cual mediante el Bioensayo de Paquete de Larvas, encontró en una finca ganadera de Panamá baja mortalidad con el uso de piretroides sintéticos (PS) (deltametrina, flumetrina, ciflutrina) y una alta sensibilidad a los organofosforados (OF) chlorfenviphos y coumaphos para el control de está garrapata. También, reportes de varios países de América, citados por Alonso Díaz *et al.* (2006) encontraron resistencia a piretroides

sintéticos (PS); así como, estudios en Costa Rica desarrollados por Álvarez *et al.* (2001), Álvarez y Hernández (2010) reportaron resistencia a los PS y OF.

CONCLUSIÓN

El Bioensayo de Paquetes de Larvas y Dosis Discriminantes determinó que bajo condiciones de campo y laboratorio se obtuvo resultados confiables del grado de sensibilidad de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a los acaricidas cipermetrina y clorpirifos en las fincas evaluadas.

RECOMENDACIÓN

Orientar a los productores sobre el manejo adecuado para el control de garrapatas y ampliar la evaluación a otras zonas y químicos utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Díaz, MA; Rodríguez Vives, RI; Fragoso Sánchez, H; Rosario Cruz, R. 2006. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. Arch. Med. Vet. 38(2):105-113.

Álvarez, V, Bonilla, R, Chacón, D. 2001. Resistencia de la garrapata común del ganado bovino *Boophilus microplus* a organofosforados y piretroides en Costa Rica. Boletín de Parasitología 2(3):1-4.

Álvarez, V; Hernández, V. 2010. Diagnóstico de Resistencia a Organofosforados, Piretroides sintéticos, Amidinas e Ivermectinas en la garrapata *Rhipicephalus microplus* en fincas de productores de leche de Costa Rica. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias 9(2):7-17.

ANP (Atlas Nacional de Panamá). 1975. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia Mapa Ecológico, Lámina número 27. Panamá.

Caballero, S; Guerra, PM; Pitano, T. 1995. Actividad "*in vitro*" de ectoparasiticidas comerciales contra el *Boophilus microplus* en tres ecosistemas lecheros de Chiriquí. Ciencia Agropecuaria no. 8:113-126.

Fairchild, GB; Kohls, G M; Tipton, VJ. 1966. The ticks of Panama (Acarina: Ixodoidea). In Ectoparasites of Panama. Editors Repert L. Wenzel and Vernon J. Tipton. Field Museum of Natural History. Chicago, Illinois. p. 167-219.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1987. El control de las garrapatas y de las enfermedades

- que transmiten. Manual práctico de campo Vol. I. Control de las garrapatas. p. 299.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Resistencia a los antiparasitarios. Estado actual con énfasis en América Latina. Dirección de Producción y Sanidad Animal de la FAO. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal no. 157:51.
- Morán, C; Aparicio, A; Mora, F. 1995. Programa estacional con uso estratégico de medicamentos sus componentes; de "Prevalencia de helmintos y control de las garrapatas de los bovinos". Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Dirección Nacional de Ganadería. Panamá. p. 27-38.
- Hagen, S. 1997. Resultados de la Investigación en resistencia a acaricidas en la especie de garrapata *Boophilus microplus* en América Central y la República Dominicana. Departamento de Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Institut fur Parasitologie. Tierarztliche Hochschule. Hannover. Alemania. Ciudad de Guatemala. p. 37-38.
- Stone, BF; Haydock, KK. 1962. A method for measuring the acaricide susceptibility of the cattle *Boophilus microplus* (Can.). Bul. Entomol. Res. 53:563-578.
- Vega, CA. 1991. Actualidad e importancia de las enfermedades del ganado causadas por hemoparásitos. In Segundo Seminario Internacional de Parasitología Animal. Garrapatas y Enfermedades que transmiten. (1997, Mexico). Memoria. MX. p. 144-150.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AISLADO ENDÉMICO RS006, BIOCONTROLADOR DE *Hypothenemus hampei* EN PANAMÁ¹

**Gladys González Dufau²; Sindy Caballero³;
Grace Contreras⁴; Gloribel Vergara⁵; Luis C. Mejía⁶**

RESUMEN

El control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas, la contaminación ambiental y problemas de salud humana. Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos, la identificación taxonómica de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud. Este trabajo es el primer reporte del hongo *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones en Panamá y su actividad como biocontrolador de la broca del café. Se presentan los resultados del estudio de identificación morfológica y molecular del aislado obtenido a partir de *Trialeurodes vaporariorum* en la naturaleza y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio). Para la identificación morfológica se utilizó microscopía de estructuras de reproducción y claves dicotómicas; la caracterización molecular de los aislados se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5,8 S) y comparación con la base de datos GenBank. Tanto la secuencia de ADN obtenida del hongo aislado colectado en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte de brocas adultas en el bioensayo de eficacia biológica sobre *H. hampei* (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café. Estas secuencias de ADN resultaron idénticas a las de *I. javanica* CBS134.22 (Accesión GenBank: KM234218.1), lectotipo de la especie.

PALABRAS CLAVES: Hongo entomopatógeno nativo, agroecosistema, biodiversidad local, control biológico.

¹Recepción: 26 de noviembre de 2014. Aceptación: 19 de marzo de 2015. La investigación se realizó como parte del proyecto FID007-044: Caracterización molecular de hongos entomopatógenos para su uso en el control de la broca de café en Panamá, con el financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

²M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: ggdufau@gmail.com

³Téc. Agropecuario. IDIAP. CIAOc.

⁴Lic. en Biología. IDIAP. CIAOc.

⁵Lic. en Biología. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) – Panamá. Apartado 0843-03092, Balboa, Ancón, República de Panamá.

⁶Ph.D. en Biología y Patología de Plantas. STRI – Panamá.

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE ENDEMIC ISOLATED RS006, BIOCONTROLLER OF *Hypothenemus hampei* IN PANAMA

ABSTRACT

The control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, by the indiscriminate use of synthetic organic insecticides can result in the selection of resistant individuals, the emergence of new pests, environmental contamination and human health problems. For agroecological pest management and epidemiological studies, taxonomic species identification is critical. This is enabled by the use of molecular techniques with high levels of reliability, sensitivity and promptness. This paper is the first report in Panama about *Isaria javanica* (Friedrichs and Bally) Samson and Hywell-Jones, its activity as a bio controller of the coffee berry borer. The results of the morphological and molecular identification of the obtained isolate from *Trialeurodes vaporariorum* in nature and RS006b (reisolated from *H. hampei* in laboratory conditions) are presented. Microscopy of reproductive structures and dichotomous keys were used for morphological identification; the molecular characterization of the isolates were performed by sequencing the ITS region (ITS 1 and 2 including 5.8 S) and comparison with the database GenBank. Both, the obtained sequence from the isolated fungus originally from nature (RS006a) and the obtained isolate killing adult bits in the bioassay biological effectiveness on the coffee berry borer (*H. hampei*) (RS006b) confirmed that it was the same species: *I. javanica* with ability to infect adult individuals of the coffee berry borer. These sequences resulted to be identical to the ones from *I. javanica* culture CBS134.22 (KM234218.1 Genbank accesssion number), the lectotype of the species.

KEY WORDS: Native entomopathogenic, agroecosystem, local biodiversity, biological control.

INTRODUCCIÓN

La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari es una plaga que está presente en Panamá desde junio del 2005 cuando se reportó por primera vez (MIDA 2005) y está considerada como la principal plaga insectil en todos los países productores de café (Vega *et al.* 2009). Este insecto tiene la forma de un diminuto gorgojo, produce el daño al atacar el fruto del café y se reproduce internamente en el

endospermo, causando la pérdida total del grano y, en algunos casos, su caída prematura, además del deterioro de la calidad del producto final (Bustillo 2006).

El control de esta plaga mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas y la contaminación ambiental y humana.

En los ecosistemas se encuentran de manera natural organismos con funciones biocontroladoras de plagas, que por desconocimiento, se han estado afectando de manera indiscriminada mediante la práctica de la agricultura convencional (Devine *et al.* 2008, Altieri y Toledo 2011, Cortés 2011, Koochafkan y Altieri 2015).

En la búsqueda de prácticas amigables, con el ambiente y la salud humana, es imprescindible la comprensión de las funciones del ecosistema para su restauración y utilización mediante formas alternativas de agricultura (Altieri y Toledo 2011). En el caso de los hongos entomopatógenos, significa determinar su identidad genética y filogenia, comprender su biología, su interacción con otras formas de vida y comprobar su virulencia específica que le confiere su actividad enzimática y su capacidad de asimilar sustratos presentes en el hospedero y en el ambiente (González *et al.* 2013). Sin este conocimiento básico será prácticamente imposible el desarrollo de biopreparados efectivos, estables y confiables para la salud humana.

Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos la identificación exacta de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares para su

diferenciación y caracterización con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud, si se cuenta con los equipos apropiados.

Esta investigación responde a la búsqueda de métodos alternativos para el control de plagas, mediante el uso de enemigos naturales de la broca del café, tales como los hongos entomopatógenos, por lo que se reporta como parte de la biodiversidad local, la presencia del aislado de *Isaria javanica* (Friedrich y Bally) Samson y Hywell-Jones (Fungi: Sordariomycetes) perteneciente a la familia Cordycipitae y División Hypocreales. El mismo fue aislado de un cadáver de adulto de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) encontrado sobre el cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L. (GRIN 2013), bajo techo en la localidad de Cordillera, distrito de Boquerón, provincia de Chiriquí - Panamá, a una altitud de 930 msnm y posición geográfica 17P 0322815 UTM 0960183 que se encuentra en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano (Holdridge 1987).

El hallazgo local coincidió con el reporte de Scorsetti *et al.* (2006) en Argentina quienes encontraron a *Isaria* parasitando mosca blanca. El aislado se depositó en el cepario del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ubicado en el laboratorio de

Agentes Biocontroladores de la Estación Experimental de Río Sereno (EERS), provincia de Chiriquí y le fue asignado el código secuencial RS006. Se utilizó en pruebas de patogenicidad con diferentes aislados de la colección de IDIAP, para evaluar su potencial biocontrolador sobre la broca del café.

Este reporte presenta los resultados de la identificación morfológica y caracterización molecular de los aislados RS006a y RS006b, los cuales se encontraron afectando naturalmente la mosca blanca de los invernaderos y a la broca del café en condiciones de laboratorio.

Colecta, desinfección y aislamiento:

Una vez en el laboratorio, el cadáver de adulto de la mosca blanca (*T. vaporariorum*), se desinfectó en hipoclorito de sodio (0,5% del producto activo) durante cinco minutos; se enjuagó cuatro veces con agua destilada estéril, posteriormente se colocó en papel de filtro estéril en una placa Petri esterilizada, se agregó agua destilada estéril y fue sellada la placa con parafilm, manteniéndola en incubación a 20°C. Transcurridos siete días, mediante el uso de la cámara de flujo laminar, se transfirió con un asa de siembra, una pequeña porción del crecimiento fungoso al medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA por sus siglas en inglés) para su

aislamiento y purificación siguiendo protocolos establecidos (Leucona 1996).

Identificación morfológica y molecular:

Con base a sus características morfológicas al microscopio (Figura 1) y con ayuda de las claves dicotómicas de Humber (2005) y Barnett y Hunter (1998), y el análisis molecular de secuencias en el Laboratorio de Biología Molecular del Smithsonian, Naos Panamá, se realizó la identificación de dos aislamientos: RS006a (colectado en la naturaleza afectando *T. vaporariorum*) y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio) (Cuadro 1).

Los aislamientos se cultivaron en medio PDA y se mantuvieron a temperatura ambiente promedio (22°C). Para evitar la contaminación por bacterias, los aislados se sembraron en PDA más Rifampicina (0,025 mg/ml) para obtener cultivos puros. Adicional, se realizó microcultivos, lo que permitió observar las estructuras reproductivas con mayor facilidad bajo el microscopio (Cuadro 1).

La caracterización molecular se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5.8 S) y mediante comparación de las mismas, con secuencias en la base de datos del GenBank. El cultivo RS006 es 100% idéntico a *I. javanica* CBS134.22 (cultivo

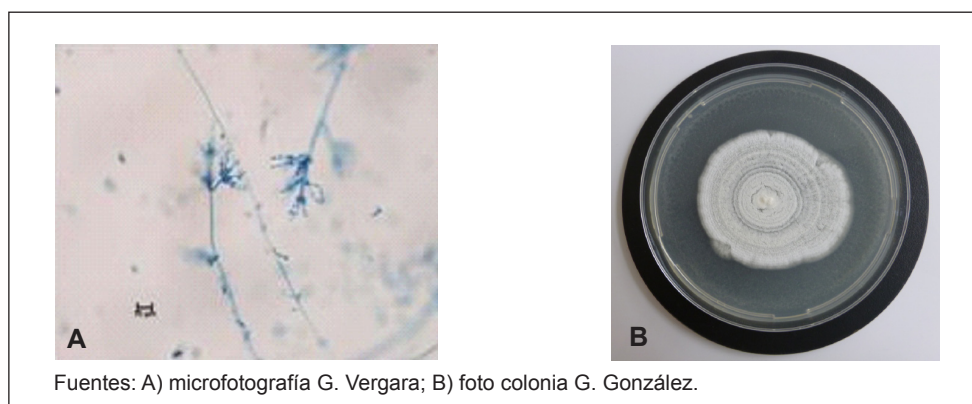


Figura 1. Características microscópicas y macroscópicas de *Isaria javanica*.

A) Microfotografía de conidióforos y conidias de *I. javanica*;

B) Morfología de las colonias de *Isaria javanica*.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LOS AISLADOS DE RSS006a y RSS006b.

Característica	Aislado colectado en la naturaleza (RS006a)	Reaislado de <i>H. hampei</i> en condiciones de laboratorio (RS006b)
Forma de las Conidias	Fusoides largas, Ovoides largas,	Fusoides largas, Ovoides largas,
Dimensión de las Conidias en μm(LxA, $\bar{x}$, n=50)	2,70-5,16 x 0,37-1,17, 4,04-0,81	3,33-5,93 x 0,37-1,48, 4,50-0,98
Color de la colonia	Crema y/o chocolate claro	Crema y/o chocolate claro
Superficie	Terrosa	Terrosa
Forma de la colonia	Circular	Circular
Elevación	Umbonada	Umbonada
Margen	Ondulado	Ondulado
Consistencia	Friable	Friable
Hospedero	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Hypothenemus hampei</i>

tipo) para la región ITS; lo cual concluyó que el aislado RS006 corresponde a *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones (Luangsa-ard *et al.* 2005) y pasa a denominarse RSIj006 y sus secuencias se depositaron en el GenBank con las accesiones KF373690 para el aislado RS006a y KF373691 para el aislado RS006b.

Tanto, la secuencia del hongo aislado y colectado originalmente en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte a brocas adultas en el bioensayo (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café.

El uso de hongos entomopatógenos para la lucha contra plagas insectiles es un componente importante de control, siendo una cantidad considerable de hongos mencionados en diversos estudios con este propósito.

Algunas especies de *Isaria*, como *I. fumosorosea*, *I. farinosa* e *I. tenuipes* se han estudiado como agentes de control biológico de insectos, hay preparaciones y productos comerciales de *I. fumosorosea* disponibles en algunos países (Specht *et al.* 2009).

Varios hongos entomopatógenicos Hypocreales (Ascomycota) son reportados infectando la broca del café: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fr. (anteriormente conocida como *Paecilomyces farinosus*), *Isaria fumosorosea* Wize (anteriormente conocida como *Paecilomyces fumosoroseus*), *Isaria lilacinus* (Thom) Sanson (anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*), *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams (anteriormente conocido como *Verticillium lecanii*), *Nomurae rileyi* (Farl.) Samson y *Ophiocordyceps entomorrhiza* (Dicks) Sung *et al.* (conocido anteriormente como *Hirsutella eleutheratorum*) (Bustillo *et al.* 1998, 2002, Vega *et al.* 1999, 2009).

Se reporta, por primera vez en Panamá, la especie *Isaria javanica* como biocontrolador de *H. hampei*, lo cual brinda una alternativa con potencial para incorporarse a los programas de manejo integrado de plagas en el país.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M; Toledo, VM. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. The Journal of Peasant Studies 38(3):587-612. Traducción de Pablo Alarcón-Chaires revisada por los autores. 34 p.

- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Bustillo P, AE. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2):101-116.
- Bustillo, AE; Cárdenas R; Posada, FJ. 2002. Natural Enemies and Competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. Neotrop Entomol 31:635-63.
- Bustillo, AE; Cárdenas, R; Villalba, D; B. Benavides; Orozco, J; Posada, FJ.1998. Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 134 p.
- Cortés, N. H. 2011. Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales (en línea). Trabajo para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. 83 p. Consultado 3 feb. 2015.
- Disponible en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30882/1/CortesNicolas.pdf>.
- Devine, GJ; Eza, D; Ogusuku, E; Furlong, MJ. 2008. Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública 25(1):74:100.
- González D, GI; Caballero, S; Contreras, G; González, F; Mejía, LC. 2013. Caracterización Morfológica de Cepas Nativas de Hongos Entomopatógenos en Panamá. In 58 Reunión Anual de PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Animales). Memoria. Tegucigalpa, HN. p. 139.
- GRIN (Germplasm Resources Information Network). 2013. Taxonomy for Plants. United States department of Agriculture (en línea), Agricultural Research Service. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?22956>.
- Holdridge, LR. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 216 p. (Colección y Libros y Materiales Educativos/IICA; no.83).

- Humber, RA. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification (en línea). USDA-ARS. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshopprev.pdf>.
- Koohafkan, P; Altieri, MA. 2015. Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial: Un Legado para el Futuro (en línea). Consultado 5 mar. 2015. Disponible en http://agroeco.org/wp-content/uploads/2011/03/GIAHS_Booklete_ES_Ir.pdf.
- Leucona, RE. 1996. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. Capítulo 10. 143-150. In Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Leucona, RE. Ed. Buenos Aires, AR. 338 p.
- Luangsa-ard, JJ; Hywel-Jones, NL; Manoch, L; Samson, RA. 2005. On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. Mycological Research 109:581-589. doi:10.1017/S0953756205002741.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2005. Dirección de Agricultura, Estadísticas Agropecuarias. Hoja informativa.
- Scorsetti, AC; Humber, RA; Gregorio, C De; López Lastra, CC. 2006. New records of entomopathogenic fungi infecting *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*.
- Specht, A; Azevedo JL; Luna Alves Lima de, EA; Tomazzoni B, J; Kassawara M; Lorini LM; Monteiro Barros, N. 2009. Ocorrência do fungo entomopatogênico *Isaria javanica* (Frieder & Bally) Samson & Hywell-Jones (Fungi, Sordariomycetes) em lagartas de *Lonomia obliqua* Walker (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). Revista Brasileira de Entomologia 53(3):493-494.
- Vega, FE; Infante F; Castillo F; Jaramillo J. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. Terrestrial Arthropod Reviews 2:129-147.
- Vega, FE; Mercadier, G; Damon, A; Kirk, A. 1999. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) in Togo and Cote d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. Afr. Entomol. 7:243

CONTROL BIOLÓGICO: UNA ALTERNATIVA DE MANEJO INTEGRADO DE *Trialeurodes vaporariorum* EN INVERNADEROS EN PANAMÁ¹

Gladys González Dufau²; Julio Santamaría Guerra³

RESUMEN

El control biológico es considerado un componente esencial y viable en el manejo integrado de plagas (MIP) y con el movimiento actual hacia la agricultura sostenible, se espera que juegue una función relevante en el MIP. El objetivo del trabajo fue revisar los esfuerzos de investigación realizados para el manejo integrado de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum*, que afecta la producción de tomates bajo el sistema de cultivo protegido en tierras altas en Panamá. Se revisó la identidad y atributos biológicos de la plaga y sus enemigos naturales, se resumió los estudios llevados a cabo en ellos, así como se documentó los esfuerzos actuales en el control biológico del complejo mosca blanca tanto en cultivos protegidos como en campo abierto. Esta revisión permitió recomendar temas de investigación para el desarrollo de estrategias sostenibles, seguras y eficaces para el control de la mosca blanca que ataca los tomates bajo cultivo protegido en Panamá. La realización exitosa de estas recomendaciones podría proporcionar una alternativa eficaz al control químico, especialmente bajo cultivo protegido, y reducir drásticamente el uso intensivo de insecticidas químicos costosos y tóxicos. También, puede tener aplicación en una amplia gama de cultivos y ofrece insumos para una estrategia de manejo integrado de cultivos con énfasis en Control Biológico bajo el enfoque de Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación, con la participación activa de los principales interesados locales.

PALABRAS CLAVES: Manejo integrado de plagas, control biológico de conservación, parasitoides, artrópodos depredadores, entomopatógenos.

¹Recepción: 13 de junio de 2014. Aceptación: 6 de marzo de 2015.

²M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: ggdufau@gmail.com

³Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. CIAOc. e-mail: juliosguerra@gmail.com

BIOLOGICAL CONTROL: AN INTEGRATED MANAGEMENT ALTERNATIVE FOR *Trialeurodes vaporariorum* IN PANAMA GREENHOUSES

ABSTRACT

Biological control is considered an essential and viable component for integrated pest management (IPM), and with the current movement towards sustainable agriculture, biological control can be expected to play an even more extensive role in IPM. The objective of this review is to go through the current efforts on biological control of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*), and finally suggest research topics to develop sustainable safe and effective control strategies for whitefly damaging tomatoes under protected cultivation in Panama. The identity and biological attributes of the pest and its natural enemies is reviewed, related studies are summarized and current efforts to biological control of whitefly complex, both protected and open field crops are documented. This review allows recommending research topics to develop sustainable, safe and effective control strategies for whitefly attacking tomatoes in Panama under protected cultivation. Successful completion of these recommendations could provide an effective alternative for chemical control to Panamanian producers, especially under protected cultivation, and sharply reduce the current heavy use of expensive and toxic chemical insecticides. The result may have application in a range of cropping system and offers inputs for a strategy on integrated crop management, emphasizing on Biological Control under Integrated Knowledge and Innovation Management with active participation of the local main stake holders.

KEY WORDS: Integrated pest management, conservation biological control, parasitoids, arthropod predators, pathogens.

INTRODUCTION

The objective of this review is to go through what have been done on this matter and finally suggest research topics to develop sustainable safe and effective control strategies for whitefly damaging tomatoes under protected cultivation in Panama. The general approach is to study and achieve the potential biological control of the naturally present parasitoids in Panama. Successful completion of

this objective could provide an effective alternative to chemical control for Panamanian growers and sharply reduce the current heavy use of expensive and toxic chemical insecticides. Moreover, the results will be broadly applicable in view of the importance and wide distribution of this insect pest throughout Central America Region. The result may have application in a range of cropping system. It may help also to establish biological control

as a reliable alternative in devising pest management strategies in Panamanian agriculture.

The extensive use of chemical pesticides with the consequent results in development of insect resistance, adverse effects on beneficial insects and wildlife, residues in food crops and associated danger to human health, has increased the demand for the development of environmental and human friendly alternative control measures. One alternative method is the use of biological control agents. Biological control is considered an essential and viable component for integrated pest management (IPM), and with the current movement toward sustainable agriculture biological control can be expected to play an even more substantial role for IPM. As an applied science, biological control often involves releases of exotic natural enemies in an attempt to suppress introduced pest species in agriculture, forestry, and human health, but it is also implemented through the augmentation or conservation of native natural enemies (Gaugler 2002). Biological control is operationally defined as the action of natural enemies which maintains a host population at levels lower than would occur in the absence of the enemies (Ehler 1990). The development of techniques for biological control can effectively reduce the use of chemicals on

field crops and their associated hazards in the environment. Whitefly parasitoids are an addition to the natural enemy's pool and any control management should be integrated, mainly for those where individual strategies alone are inadequate.

Our understanding of the role of naturally present whiteflies parasitoids in Panama is clearly deficient and efforts to integrate specimens identification with pathogenic efficacy criteria should be encouraged, as such studies provide fundamental knowledge useful in increasing our ability to use them effectively for biological control. Moreover biological control with *Encarsia formosa*, which has been successfully used in greenhouse on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* turned out to be less effective (Hoddle and Driesche 1996). Selecting more efficient parasitoids for *B. tabaci* B biotype is urgently needed.

Polaszek *et al.* (1992), stated that "A thorough taxonomic study of all *B. tabaci* parasitoids is necessary, given the urgent necessity of identifying at least the known species which could be used, in biological control programmes". Hanson (1995) pointed out that our knowledge of parasitoids is limited and there are several current research need such as: 1) to confirm identification of whitefly parasitoids, 2) to determine the efficacy

of whitefly parasitoids already existing in their natural agroecosystem.

Information about this will allow us to improve the potential control of naturally present parasitoids against whiteflies in Panama.

Whitefly and its control

The whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum*, and *B. tabaci* B biotype (Homoptera: Aleyrodidae) have enormous economic impacts in temperate and tropical regions of the world, damaging many different crops in both outdoor and greenhouse crops (Mound and Halsey 1978, Lenteren and Woet 1988, Perring *et al.* 1993, Brown *et al.* 1995, Menn 1996). Apart from the direct feeding damage, virus transmission and fungal growth on honeydew also cause mayor yield losses. Several sources indicate crop value losses exceeding \$500 million annually since 1991 for the United States (Naranjo *et al.* 1998, Perring *et al.* 1993). In addition to its economic cost, reliance on periodic application of insecticides for whitefly management causes others problems. Several factors within agricultural production systems have contributed to increasing cost of whitefly control (Castle 1999). One problem is the development of widespread of resistance (including cross-resistance) of whiteflies to many commonly used conventional insecticides

particularly organophosphates and synthetic pyrethroids (Prabhaker *et al.* 1985, Horiwitz *et al.* 1988, Dittich and Ernt 1990, Horiwitz *et al.* 2007). Another problem is the decrease or extermination of naturally occurring enemies as a result of excessive use of chemical control (Eveleens 1983), the cultivation of virus-susceptible plant varieties, the movement of infected plant material and the recent emergence of new highly virulent races or biotypes of whiteflies (Brown *et al.* 1995). *B. tabaci* is known to transmit at least 19 plant viruses, including tobacco leaf curl, cassava mosaic and cucumber yellows (Brunt 1986). Today, the prevention of these virus-caused losses by whiteflies is a matter of worldwide high priority (FAO 1994). This worldwide importance of whiteflies as pests is well illustrated by the compiled work by Gerling (1990), Gerling and Mayer (1996), Naranjo *et al.* (1999), listing some 323 references.

Whitefly Biology, Pest Status and Taxonomy

Biology

Whiteflies are small sucking insects (Martin 1987). They are often present in great numbers on the underside of leaves and may be abundant on greenhouse and house plants as well as on wild plants. Whitefly adults lay eggs and immature stages of whitefly develop on the undersides of leaves on most crops

(Byrne and Bellows 1991, Costa *et al.* 1991). Adults congregate, feed, mate, and oviposit on the undersurfaces of the leaves of the host plant. This can occur in such numbers as to create clouds when disturbed, oviposition is heaviest on these leaves. The location on the plant of the various stages of the whitefly follows the development of the plant. Eggs and early instar nymphs are found on the young leaves and larger nymphs are usually more numerous on older leaves (Butler *et al.* 1983, Berlinger *et al.* 1985, Cock 1986). Adults appear to be more active during sunny daylight periods, and do not fly as readily during early morning, late evening, or night hours. The nymphal stages are sedentary, with the exception of the crawler, which after hatching moves over a short distance. Once a feeding site is selected the nymphs do not move anymore. They suck juices from the plant phloem with their piercing-sucking mouthparts. The nymphs are located on the undersides of the leaves and can become so numerous that they almost cover the entire undersurface area (Coudriet *et al.* 1985, Horiwitz and Gerling 1992, Gill 1990, Powell and Bellows 1992a, 1992b).

Injury caused by whiteflies

Direct crop damage occurs when whiteflies feed on plant phloem, remove plant sap and reduce plant vigour. With high whitefly populations plants may die.

Whiteflies also excrete honeydew, which promotes sooty mold that interferes with photosynthesis and may lower harvest quality. In some hosts, damage can result from whitefly feeding toxins, which cause plant disorders such as silver leaf of squash and irregular ripening of tomato. Whiteflies, also transmit viruses, such as the geminiviruses in tomatoes, peppers and cabbage (Polston and Anderson 1999). Plant disorders and virus transmissions are of particular concern because they can occur even when a whitefly population is small. In general, the older the plant when infected with virus or the later the onset of plant disorders, the less damage to the crop, so prevention of early development of whitefly populations is critical. Prevention is also crucial in managing whiteflies in crops with high cosmetic value such as ornamental plants, where even low numbers of whiteflies can affect marketability (Hoelmer *et al.* 1991). Excessive *B. tabaci* induced losses worldwide occur in field, vegetable and ornamental crop production. Losses occur from plant diseases caused by *B. tabaci* transmitted viruses, direct feeding damage, plant physiological disorders, and honeydew contamination and associated fungal growth. The number of *B. tabaci* transmitted plant viruses has increased, and total yield losses of important food and industrial crops has occurred (Oliveira *et al.* 2001).

Taxonomy

The recent outbreaks of *Bemisia* sp. (Gennadius) morphotypes has stimulated a renewed interest in whitefly systematics (Perring *et al.* 1993), which was limited until then (Campbell *et al.* 1996). Further, increased international trade and travel are providing additional routes for introduction of exotic species and/or biotypes of whitefly, as well as their parasitoids, on a worldwide scale. The ability to identify closely related but morphological indistinguishable species or atypical morphological strains is critical for determining the geographic origin of a newly introduced whitefly pest and consequently their parasitoids. Knowing the geographic origin is vital to the search for natural enemies used in biological control programs (Gerling 1990). Moreover, early morphological identification of structures of pupal exuviae is important, because the identification of whitefly species is often based on the pupal stage (Gill and Mayer 1996). Mound and Halsey (1978) also noted that pupal case morphology varied on different host leaves and that this has resulted in name synonymy. According to this, Rosell *et al.* (1996) state that polymorphism and plasticity within the global population of whitefly exists to a greater degree than has been documented until now. *B. tabaci* has been recorded from more than 600 plant species and there may be many additional

hosts not yet formally documented. Biotypes have been identified in different areas of the world suggesting that *B. tabaci* may be a species-complex undergoing evolutionary change. These biotypes may exhibit differences in viruses transmitted and transmission efficiency, rates of development, endosymbionts, host utilization, and physiological host damage (Oliveira *et al.* 2001). Accurate species identification for both, pest species as well as their parasitoids, is an increasingly important component for the recommendation of appropriate management practices (Neal and Bentz 1999), particularly in biological control.

One approach towards a better understanding of whitefly parasitoids taxonomy is through molecular techniques. Whitefly parasitoids are worthy candidates for molecular phylogenetic analyses to aid in establishing sound higher level taxonomic groups and species identifications because their morphological distinctions are still unclear (Campbell *et al.* 1996). Moreover, a thorough taxonomic study of parasitoids of important whitefly pest species is therefore necessary given the urgent necessity for identifying at least the known species of parasitoids used, in biological control programs or those, which could be, used in the future (Polaszek *et al.* 1992). Ribosomal (rDNA) is present in all organisms, and is composed of

several regions (genes and spacers) that evolve at different rates. Ribosomal DNA sequences are suitable for phylogenetic studies at many taxonomic levels: from major lineages of life to intraspecific levels (Hillis and Dixon 1991). At the species and intraspecific levels, the internal transcribed spacer regions (ITS-1 and ITS-2) are often used as a taxonomic tool in many groups such as fungi (e.g. Campbell *et al.* 1993, Hoy 1994; Kuperus and Chapco 1994). The sequencing and restriction analysis of ITS rDNA have been described as promising and/or effective in distinguishing *Trichogramma* individuals from different populations (Orrego and Agudelo-Silva 1993, Pinto *et al.* 1997, Sappal *et al.* 1995, Schilthuizen and Stouhamer 1997). Most analyses of relationship have been based on internal and external morphological traits, but molecular techniques are now being applied to understanding the higher phylogeny of the Chalcidoidea and the relationships among species of the genus *Encarsia* between others (Babcock and Heraty 2000, De Barro *et al.* 2000, Campbell *et al.* 2000).

Host Plants of Whitefly

Trialeurodes vaporariorum and *Bemisia tabaci* are highly polyphagous species, currently known from more than 500 species of host plants (Greathead 1986) representing 74 plant families. They have been a particular problem on

members of the squash family (squash, melons, cucumbers, pumpkins), tomato family (tomato, eggplant, potato), cotton family (cotton, okra, hibiscus), bean family (beans, soybean, peanuts), Gerbera daisies, salvia, poinsettia, and many other weeds and ornamental plants (Mound and Halsey 1978, Arnal *et al.* 1993). In Panama, Valderrama *et al.* (1994) reported transmission of a geminivirus associated with *B. tabaci* in tomato. Regarding the field of hosts, the virus infected plants of the Solanaceae (*Solanum esculentum*, *Nicotiana tabacum* y *Sansum annum*, *Capsicum annum*), Leguminosae (*Phaseolus vulgaris*) and Malvaceae (*Hibiscus esculentum*, *Sida* sp. and *Malachra alceifolia*) families. Additionally, Osorio (1998) informed 23 species of weeds as host plants of *B. tabaci* in Los Santos province belonging to the family Asteraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Solanaceae, Tiliaceae and Fabaceae.

The whitefly problem in Panama

Agriculture in Panama is largely centered in Chiriquí Province, sometimes referred to as the breadbasket of Panama. Although agriculture is diverse, tomatoes and onions are the most important horticultural commodities and the basic staples in Chiriquí, as they are in Central America (González 1998). However tomato yields in Panama are much lower than the potential yield of the varieties

that are used. One seriously limiting yields factor is the damage caused by whitefly, which is considered as one of the most important insect pest of this crop in Panama (Gonzalez *et al.* 1994, Sánchez and Serrano 1994). Valderrama *et al.* (1994) reported that since 1991, tomato in Azuero Region is affected by a virus disease transmitted *Bemisia tabaci*. In addition, in Azuero region, Ferguson (1994) found from population dynamic studies that there are three populations peaks: 1) January/March (weeks 13-21); 2) April/May (weeks 25-30); 3) June/August (weeks 36-45). Biologically based control efforts to date have been very limited due to a lack of effective control agents available for farmers. Chemical control, when used, is usually by application of the acephate, which is a very expensive and dangerous chemical in view of its high mammalian toxicity. The hazard potential is particularly acute in Chiriqui because growers are not trained in the proper application of toxic chemicals. It is common to see farmers wash out a tank of pesticide in a stream also used it for drinking water, washing and recreation. Panama imported approximately 241 million of agrochemicals in 2009 (MIDA). Of these imported agrochemicals, 83% were defensive products, some of them highly toxic insecticides. Regarding insecticidal importation during the last five years, there was an increase in the

import of insecticides by the order of 3%, resulting on one hand, capital flight and in the other an increase in production costs (González *et al.* 2009). Moreover, there are potentially more risk of an indiscriminate use of pesticides which might cause environmental problems and represent a global concern. There are, however, few alternative technologies available for farmers for whitefly control. Historically very little has been done in Panama to develop or improve technical knowledge about the ecological interrelationships and its effect on agricultural productivity, since its economy has been based mainly on the service sector. The National Institute for Agricultural Research has increased information on environmental effects of agriculture and pest control during the last 10 years i.e. compared research done in 1984 and 2010, there has been an increased on the priority of friendly alternative research in crop protection from 20 percent to 90 percent. Nevertheless more effort needs to be done, in order to get growers aware of alternatives for chemical control.

Information from Central America and Panama species of whiteflies parasitoids is sparse (King y Saunders 1984). Mound and Halsey (1978) wrote an excellent but short report on Panamanian species, it discusses only four species (out of 1156 species

worldwide) that inhabit in Panama, within four genera and two families. Nonetheless, the worldwide distributed genus *Bemisia* and species of *Trialeurodes vaporariorum* are not indicated to be present in Panama by these authors. It is known from the literature that *Bemisia* B biotype is actually present in Panama (Brown *et al.* 1995), and more recently, Name (2000) indicate as a result of a survey in Chiriqui province, a preliminary distribution of the species *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* of which, *Bemisia tabaci* was the predominant whitefly species in the lowlands, and *Trialeurodes vaporariorum* is more abundant at higher altitudes (above 1200 m). *Bemisia tabaci* biotype B in the lowlands was also found by Fernandez 2001⁴. *Bemisia tabaci* biotype B is polyphagous, attacks a range of glasshouse and field crops, and often causes phytotoxic damage (CABI 1999a, 1999b). In Central America, 14 species within 10 genera in two sub-families (Aleurodicinae and Aleyrodinae) of whiteflies have been reported: *Paraleyrodes* sp., *Ceraleurodicus altissimus*, *Aleurodicus cocois*, *Aleurocanthus woglumi*, *Dialeurodes citrifolii*, *Tetraleurodes mori*, *Tetraleurodes abutiloneus*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Trialeurodes floridensis*, *Bemisia tabaci*,

Trialeurodes variabilis, *Aleurothrixus floccosus*, *Aleuroplatus* sp., *Trialeurodes acaciae*.

Natural Enemies of Whitefly

The main groups of whitefly natural enemies are predators, pathogens and parasitoids.

Predators. About 75 species prey upon whiteflies, especially general predators such as spiders, beetles, etc. Individual predator species in the families Anthocoridae, Coccinellidae, Chrysopidae, Hemerobiidae and most of the Miridae are unable to maintain greenhouse whitefly numbers below damaging levels, although inundative releases of a complex of predators may do so (Heinz 1996). Some predatory bugs in the genera *Macrolophus* or *Dicyphus* can sufficiently reduce whitefly populations (Onillon 1990), although some also damage plants. In warm climates, where greenhouses often have large ventilation openings, generalist predators move in naturally and may cause considerable mortality of whiteflies.

Pathogens. In general, pathogens of insects belong to very different taxonomic groups like viruses, bacteria, protozoa,

⁴Fernández, O. 2001. Department of Virology (interview). IDIAP (National Institute of Agricultural Research). Panama. Panama.

rickettsiae, fungi and entomophagous nematodes. The spectrum of whitefly pathogens is narrow. There are no records of nematodes parasitizing whiteflies. While it is possible that viruses or bacteria kill whiteflies, this is mainly due to secondary infections by entrance through existing wounds. So far, the pathogens reported from Aleyrodidae have been exclusively fungi, because only they are able to infect these plant-sucking insects by penetrating the cuticle. Four genera of fungi attacking whitefly are regularly mentioned in the literature: *Beauveria*, *Aschersonia*, *Lecanicillium* a genus formerly known as *Verticillium* and *Isaria* also formerly known as *Paecilomyces* (Vega *et al.* 2009). Entomopathogenic fungi infest their aleyrodid hosts by penetrating the cuticle after the conidiospores germinates. Subsequently, various fungal structures are produced, which circulate in the haemolymph, invading the insect's organs and probably producing lethal toxins (Fransen 1990). One major limitation of entomopathogenic fungi as biological control agent is their needs for high humidity to germinated and infect the host (Lacey *et al.* 1995). Another limitation comprises the restrictions placed on the use of so-called exotic strains that could harm non-target organisms (Lacey *et al.* 1995).

Two categories of fungi that attack whitefly can be distinguished: fungi specialized on Aleyrodidae like *Aschersonia* spp. and *Conidiobolus* spp. (Fransen 1990, Gidin and Ben Ze'ev 1994). And broad-spectrum fungi, containing various genera like *Beauveria*, *Lecanicillium* and *Isaria*, which can infect insects belonging to different orders.

Aschersonia fungi have an essentially tropical and sub-tropical distribution. They have been successfully applied and established to control whiteflies on citrus and additionally, they have been tested against the greenhouse whitefly in glasshouses of Central and Eastern Europe and some Oriental countries (Fransen 1990). *Aschersonia* isolates may kill up to 90% of *T. vaporariorum* and *B. tabaci* B biotype Bellows and Perring at greenhouse experimental conditions (Meekes 2001). *Aschersonia* spp. equally attacked *T. vaporariorum* and *B. argentifolii* Bellows and Perring and caused the same mortality levels for both whitefly species (Meekes *et al.* 1996). In fact, each fungus that is introduced to control *Bemisia*, will almost certainly affect *T. vaporariorum*.

Most research has been done on *Beauveria*, *Lecanicillium* and *Isaria* because they are broad-spectrum

fungi, and therefore, more attractive for commercial production. *Lecanicillium lecanii* (Zimm) Viegas seems promising for controlling greenhouse whitefly, although an effective infection requires high relative humidity but moderate temperatures (Ekbohm 1979). *Isaria fumorososeus* var. *beijingsis* attacks *T. vaporariorum* on glasshouse cucumbers at moderate temperatures and high relative humidity (Fransen 1990).

So far *Aschersonia* is more difficult to produce commercially than the other fungi. It takes 14 days to mass-produce *Aschersonia* spp. spores, whereas it only takes five days to produce millions of *Beauveria* spores. Using fungi to control insects is not only a question of using the best fungus species, but also a question of using the best commercial formulation (Meeke 2001⁵).

When reporting these fungi's interactions with other natural enemies, Fransen (1990) observed that populations of the parasitoid *E. formosa* Gahan survived treatments with *Aschersonia aleyrodis* Webber and adult parasitoids did not become infected. *E. formosa* females may even help with fungal transmission by probing infested hosts, carrying fungal structures on their oviposition and

injecting uninfected hosts. *Lecanicillium lecanii* did not directly infect the parasitoid *Amitus fuscipennis* when they were tested together on *T. vaporariorum*, but the fungus seemed to decrease the parasitoid's parasitic activity (Pachón and Cotes 1997).

Parasitoids. About 100 species of whitefly parasitoids are known and more species are expected to be found. Most of the parasitoids are very host specific, but some species are hyperparasitoids and their importation might reduce the efficiency of primary parasitoids, e.g. *E. pergandiella* Howard in New Zealand. Many important whitefly parasitoids belong to the genus *Encarsia*, family Aphelinidae (Lenteren *et al.* 1997). They show a wide variety of reproductive behaviour (Gerlings 1990). Some species, like *E. formosa* are primary thelytokous parasitoids, i.e. females are produced on a phytophagous host insect parthenogenetically. Other *Encarsia* species are also primary parasitoids, but produce haploid males from unfertilized eggs and diploid females from fertilized eggs, i.e. they are arrhenotokous. Still other species are arrhenotokous hyperparasitoids and they produced males and females by laying eggs in other, immature parasitoids of a different species. Further, species are known where

⁵Meeke, E. 2001. Laboratory of Entomology (interview). Wageningen University. The Netherlands.

one sex, usually the female, develops as a primary parasitoid, and the other sex, the male, develops hyperparasitically on their own or another species of parasitoid, *i.e.* heteronomous hyperparasitoids or facultative autoparasitoids.

It has been extensively demonstrated in inoculative and seasonal inoculative biological control that introductions with individuals of one parasitoids species and particularly with *E. formosa* - are sufficient for economically feasible whitefly control (Gerling 1990). In warm climates, like the Mediterranean area, parasitoids of whitefly may immigrate into greenhouses and provide natural pest control. During the past years others parasitoids have been tested and used to control whiteflies, like species from the genera *Eretmocer* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Amitus* (Hymenoptera: Platygastridae).

Whitefly Natural Enemies in Panama

Russell (1962) describes natural enemies of whiteflies found in Panama of the genera *Encarsia*, *Eretmocer* (Chalcidoidea: Aphelinidae) and *Amitus hesperidius* Silvestri; *Amitus* sp.; *Amitus hesperidius* var *variipes* Silvestri (Proctotrupoidea: Platygastridae). Carreiro (1994) reported *Eretmocer*, *Encarsia* and *Aleurodiphilus* (Aphelinidae) as *Bemisia tabaci* parasitoids; being

Eretmocer the most abundant for tomato grown under field conditions in the southern region known as Azuero (Ferguson 1994, Bernal 2001). More recently, Gonzalez *et al.* 2009 reported the genus: *Encarsia* (*E. bimaculata*, *E. hispida*, *E. pergandiella tabacivora*, *E. porteri*, *E. nigricephala*, *E. citrella*, *Encarsia* sp.), *Eretmocer* (*E. eremicus*, *Eretmocer* sp.), *Amitus* (*Amitus* sp.), and a hyperparasitoid *Signiphora* (*S. aleyrodis*). Other than this, little is known regarding local data about biology of these parasitoids and their efficiency in controlling whiteflies (Hanson 1995).

Whitefly management methods

The management of insect pests rarely relies on a single control practice; usually varieties of tactics are integrated to maintain pests at acceptable levels. The goal of integrated pest management is not to eliminate all pests; some pests are tolerable and essential so that their natural enemies remain in the crop. Rather, the aim is to reduce pest populations to less than damaging numbers. The control tactics used in integrated pest management include pest resistant or tolerant plants, and cultural, physical, mechanical, biological, and chemical control. Applying multiple control tactics minimizes the chance that insects will adapt to any one tactic. The definition for integrated pest management most relevant comes from

Flint and Bosch (1981): "An ecologically based pest control strategy that relies heavily on natural mortality factors and seeks out control tactics that disrupt these factors as little as possible".

Integrated pest management requires an understanding of the ecology of the cropping system, including that of the pests, their natural enemies, and the surrounding environment. Knowledge about the ecological interrelationships between insects and their environment is critical to effective pest management.

In natural ecosystems and agroecosystems where pesticides are not used, an array of natural enemies usually keeps whiteflies at low numbers: predators, parasitoids and pathogens are all influenced. Studies in two cropping systems, tomatoes in the 1960s in California and cotton during the period 1925-1992 in Sudan, has shown that whiteflies can be kept under perfect natural control (Lenteren *et al.* 1996). However, when pesticides are applied, natural enemies are exterminated resulting in whitefly pest outbreaks, in the above mentioned cases *T. vaporariorum* and *B. tabaci*, respectively.

In protected crops, the low tolerance of pest insect is reflected by widespread and frequent use of insecticides. Nowadays,

the risks to man and environment and the problem of development of resistance against insecticides by insects (Dittrich and Ernt 1990) are recognized and alternatives are being considered. Years ago, development of resistance to certain pesticides is reported of *T. vaporariorum* and *B. tabaci*, as well as acceleration or resurgence of whitefly populations through chemicals (Wardlow *et al.* 1976; Dittrich and Ernt 1990). Therefore, non-chemical control methods of whiteflies pests are being looked for. Monitoring of whiteflies is used to trace the insects in a crop and to keep a record of their presence. Alternative control methods are, for example, integrated pest management and breeding for host plant resistance to insect. Biological control of whitefly (*T. vaporariorum*), an element of integrated pest management, may offer a possibility and several methods can be followed (Lenteren *et al.* 1996):

- (1) Conservation biological control gives emphasis to the preservation and enhancement of natural enemies and is the basis of all approaches to biological control. Conservation of natural enemies is often credited with being the oldest form of biological control. However, compared with classical and augmentation biological control it has received relatively little attention as a method

of arthropod pest suppression (Ehler 1998). It can be broadly categorized into three overlapping components which encompass survey and potential of extant natural enemies, elucidation and manipulation of factors constraining or enhancing natural enemy abundance and activity, and evaluation of biological control efficacy (Naranjo 2001).

- (2) The inoculative release method. Beneficial organisms are collected in a region from which the pest insect originates and introduced in relatively small numbers in a region where the pest was introduced. The aim is a long term control effect and the method has been successful when a continuous existence of the natural enemy was possible (Onillon 1990).
- (3) The inundative release method. Beneficial organisms are released periodically in large numbers in a crop for immediate control. This requires mass rearing of the natural enemy. Illustrating examples are the release of *E. formosa* against *B. tabaci* in poinsettia and the application of entomopathogenic fungi against *T. vaporariorum* (Albert 1990, Fransen 1990, Meekes 2001).

- (4) The seasonal inoculative release method. This method differs essentially from the above mentioned inundative releases in the fact that buildup of the natural enemy population for control later during the same season is pursued. Thus, it requires several generations of natural enemies and pest insects in a crop. The approach is successfully applied in the control of *T. vaporariorum* by *E. formosa* in protected tomato crops (Lenteren and Woets 1988).

Any control method alone is not able to manage with the complex problematic situation described above. Furthermore, many of the management strategies are applied without taking into account local knowledge, farmer's perceptions and other actors' initiatives in rural areas (Santamaría Guerra 2012). In the framework of the contextual theory of action, Integrated Knowledge and Innovation Management, from a holistic, systemic and committed to the context of its application and implications perspective offers alternatives to the need to improve efficiency and relevancy levels of development organizations and their contribution to a productive and institutional innovation (Santamaría Guerra 2011).

Final Recommendations for the Integrated Pest Management Research

As advanced previously this review allows recommending research topics to develop sustainable safe and effective control strategies for whitefly attacking tomatoes in Panama under protected cultivation. Moreover, the results will be broadly applicable in view of the importance and wide distribution of this insect pest throughout the country. The result may have application in a range of cropping system. It may help also to establish biological control as a reliable alternative in devising pest management strategies under protected cultivation in Panama.

The following research activities should be implemented

1. Identification of the most abundant whitefly pest species present in tomato in Panama.
2. Identification of the most abundant naturally present parasitoids of whiteflies in tomato and other host plants in Panama.
3. Review, develop and apply identification molecular techniques on the important pest's parasitoids species of whiteflies based on the PCR technique.
4. Describe the basic life history parameters of the most important

whitefly pest species and their natural enemies.

5. Determine the population dynamics of the most important whitefly pest species in Panamanian greenhouses.
6. Determine and compare efficiency of *Eretmocerus* sp. (Chalcidoidea: Aphelinidae), a naturally present parasitoid genus in Panama.
7. Present a proposal of a strategy on integrated tomato crop management with emphasis on Biological Control under Integrated Knowledge and Innovation Management with the active participation of the local main stake holders.

Rational choices regarding pest management strategies require by definition a thorough understanding of the basic life history parameters of the insect pest. Present information on whitefly pest species of whitefly is inadequate in Panama to implement any control strategy, chemical, biological or other. Since control efficacy can vary with life stages and whiteflies species, a study of all life stages of the whitefly pest species is necessary. Further, optimal application of any control agent requires the capability of predicting patterns of abundance (temporal and geographical). Information derived from the above recommendations will serve the dual function of (1) providing

a basis for biological control, (2) providing the framework for the development of contextual managerial strategies.

Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie der Justus-Liebig-Universität Giessen. 136 p.

LITERATURE

Albert, R. 1990. Experiences with biological control measures in glasshouses in Southwest Germany. Bull. IOBC/WPRS 13(5):1-5.

Arnal, E; Russell, LM; Debrot, E; Ramos, F; Cermeli, M; Mercano, R; Montagne, A. 1993. A listing of white flies and their host plants in Venezuela. Florida Entomologist 76:365-381.

Babcock, CS; Heraty, JM. 2000. Molecular marker for the discrimination of *Encarsia formosa* and *Encarsia luteola* (Hymenoptera:Aphelinidae). Annals of the Entomological Society of America. 93:738-744.

Berlinger, MJ; Dahan, R; Mordechi, S. 1985. Photoperiodism in the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. Phytoparasitica 13:74.

Bernal V., JA. 2001. Untersuchung zum Einsatz natürlicher und synthetischer Insektizide und zur Parasitierung von *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) im Tomatenanbau in Panama. Dissertationsschrift,

Brown, JK; Coats, SA; Bedford, ID; Markkham, P; Bird, J; Frolinch, DR. 1995. Biochemical Genetics. 33: 205-214. [Biotype B].

Brunt, AA. 1986. Transmission of diseases. In Cock, MJW. (Ed.) *Bemisia tabaci*: a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. 121 p. CAB International Institute of Biological Control, Ascot, UK. p. 43-50.

Butler, GD; Henneberry, TJ; Clayton, TE. 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition, and longevity in relation to temperature. Annals of the Entomological Society of America 76:310-313.

Byrne, DN; Bellows, TS. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology 36:431-457.

CABI/EEPPPO. CAB International. 1999a. *Bemisia tabaci*. biotype B. Distribution Maps of Plant Pest N° 284. CAB International, Wallingford, U.K.

- CABI/EEPPO. CAB International. 1999b. *Bemisia tabaci*. biotype B. Distribution Maps of Plant Pest N° 591. CAB International, Wallingford, U.K.
- Campbell, BC; Duffus, JE; Baumann, P. 1993. Determining whitefly species. *Science* 261: 1333.
- Campbell, B; Heraty, J; Rasplus, JY; Chan, K; Steffen-Campbell, J; Babcock, C. 2000. Molecular systematics of the Chalcidoidea using 28S-D2 rDNA. *In* Hymenoptera—evolution, biodiversity and biological control. Andrew, A; Dowton, M (eds). CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. p. 59-73.
- Campbell, BC; Steffen-Campbell, JD; Gill, RJ. 1996. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetic assessment. *In* D. Gerling (ed.). *Bemisia* 1995: Taxonomy, Pest Status and Management. Intercept, Andover, Hants. p. 29-52.
- Carreiro H, R. 1994. Análisis del complejo de enemigos naturales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 89 p.
- Castle, SJ. 1999. Agricultural and pest outbreaks: a reappraisal of events in the Sudan Gezira. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92(6):840-852.
- Cock, MJW. 1986. *Bemisia tabaci*: a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. *In* Commonwealth Institute of Biological Control, Ascot, U.K. 121 p.
- Costa, HS; Brown, JK; Byrne, DN. 1991. Life history traits of the whitefly, *Bemisia tabaci* on six virus-infected or healthy plant species. *Environmental Entomologist* 20(4):1102-1107.
- Coudriet, DL; Prabhaker, N; Kishaba, AN; Meyerdirk, DE. 1985. Variation in developmental rate on different hosts and over wintering of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environm. Entomol.* 14: 516-519.
- DeBarro, PJ; Driver, F; Naumann, ID; Clarke, GM; Curran, J. 2000. Descriptions of three species of *Eretmocerus* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitising *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)

- (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia based on morphological and molecular data. Journal Aust. J. Entomol. *In press*.
- Dittrich, V; Ernt, GH. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whitefly. *In Whiteflies: their Bionomics. Pest Status and Management*. Ed. D. Gerling, Intercept Ltd, Andover UK. p. 263-285.
- Ehler, LE. 1990. Some contemporary issues in biological control of insects and their relevance to the use of entomopathogenic nematodes. *In* R. Gaugler and H.K. Haya (eds.). Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press, Boca Raton, USA. p. 1-19.
- Ehler, LE. 1998. Conservation biological control: past, present, and future. *In* Barbosa, P. (Ed.), Conservation Biological Control. Academic Press, New York, p. 1-8.
- Ekbom, BS. 1979. Investigations on the potential of a parasitic fungus (*Verticillium lecanii*) for biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. Swedish Journal of Agriculture Research 9:129-138.
- Eveleens, KG. 1983. Cotton-insect control in the Sudan Gezira: analysis of a crisis. Crop Prot. 2:273-287.
- FAO (World Organization for Food Plant Protection Bulletin). 1994. Plant Prot. Bull. v. 42/1-2:1.
- Ferguson G, OL. 1994. Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 98 p.
- Flint, ML; Bosch, R van den. 1981. Introduction to Integrated Pest Management. New York: Plenum Press. 240 p.
- Fransen, JJ. 1990. Natural enemies of whitefly: Fungi. *In* D. Gerling (ed.), Whiteflies: Their bionomic, Pest Status and Management, Intercept Ltd, Andover, Hants, p.187-210.
- Gaugler, R. (Ed.). 2002. Entomopathogenic Nematology. CABI. 388 p.
- Gerling, D (ed.). 1990. Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercep, Andover, Hants.

- Gerling, D; Mayer, RT (eds.) 1996. *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercep, Andover, Hants.
- Gidin, G; Ben Ze'ev, IS. 1994. Virulence and persistence of *Conidiobolus coronatus* and *Conidiobolus* sp. In glasshouse populations of *Bemisia tabaci*. IOBC Bulletin 17/3:185-188.
- Gill, RJ. 1990. The morphology of whiteflies. In D.Gerling (ed.). Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercep, Andover, Hants. p.13-46.
- González D, GI. 1998. Proyecto sobre Investigación en Control Biológico en tomate y cebolla: una oportunidad de desarrollo sostenible. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. IDIAP. 11 p.
- González D, GI; Serrano, C; Sánchez, E; Zeballos, F; Espinoza, A. 1994. Fluctuación poblacional de plagas insectiles en tomate. Boquete, 1994. In Resultados de Investigación: Hortalizas. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. p. 481-484.
- González D, GI; Guerra, JA; Villarreal, N; Adames, K; Araúz L; Núñez, J. 2009. Contribución al conocimiento de los parasitoides de la mosca blanca en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Nota de Investigación en Progreso, N°2 febrero 2009. ISSN 0257-7127. 4 p.
- Greathead, AH. 1986. Host Plants. In Cock, MJW. (Ed.) *Bemisia tabaci* : a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. CAB International Institute of Biological Control, Ascot, UK. p. 17-25.
- Hanson, P. 1995. Potencial para la implementación del control biológico de la mosca blanca por parasitoides. Comisión Nacional de Moscas blancas MAG-UCR-UNA-CATIE, San José, Costa Rica. In 2. Taller Nacional sobre Moscas Blancas. Alajuela, CR. 4-7
- Heinz, KM. 1996. Predators and parasitoids as biological control agents of *Bemisia* in greenhouses. In Gerling and R. T. Mayer (eds.), *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology Damage, Control and Management, Intercept, Andover, Hants, p. 435-449.
- Hillis, DM; Dixon, MT. 1991. Ribosomal DNA: molecular evolution and phylogenetic inference. Q. Rev. Biol. 66:411-453.

- Hoddle, MS; Driesche, R van. 1996. Evaluation of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) to control *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*): a lifetable analysis. Florida Entomol. 79:1-12.
- Hoelmer, KA; Osborne, LS; Yocomi, RK. 1991. Foliage disorders in Florida associated with feeding by sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. Florida Entomologist 74(1):162-166.
- Horiwitz, AR; Gerling, D. 1992. Seasonal variation of sex ratio in *Bemisia tabaci* on cotton in Israel. Environmental Entomology 21: 556-559.
- Horiwitz, AR; Mendelson, Z; Weintraub, PG; Ishaaya, I. 1988. Comparativa toxicity of foliar and systemic applications of two chloronicotinyl insecticides, acetamiprid and imidacloprid, against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*. Bull. Entomol. Res. 8:110-114.
- Horiwitz, AR; Denholm, I; Morin, S. 2007. Resistance to insecticides in the TYLCV vector *Bemisia tabaci*. In Henryk. Czonek (ed.) Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease: Management, molecular biology, Breeding for resistance, Springer. Dordrecht, The Netherlands. p. 305-325.
- Hoy, MA. 1994. Insect Molecular Genetics: an introduction to principles and applications. Academic Press. San Diego, California. USA. 546 p.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 1996. Proyecto de Investigación y Transferencia en Mejoramiento Genético del cultivo de tomate industrial. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 48 p.
- King, ABS; Saunders, JL. 1984. Las plagas invertebradas de los cultivos anuales y alimenticios en América Central. TDRI/CATIE, Turrialba, CR. 182 p.
- Kuperus, WR; Chapco, W. 1994. Usefulness of internal transcribed spacer regions of ribosomal DNA in Melanopline (Orthoptera, Acrididae) systematics. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 751-754.
- Lacey, LA; Fransen, JJ; Carruthers, RI. 1995. Global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological

- control agents. In D. Gerling and R. T. Mayers (eds.), *Bemisia*: 1995 Taxonomy, biology, damage, control and management. Intercept, Andover, UK. p. 401-433.
- Lenteren, JC van; Woet, J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annu. Rev. Entomol.* 33:239-269.
- Lenteren, JC van; Roermund, HJW van; Sutterlin, S. 1996. Biological Control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? *Biol. Control* 6:1-10.
- Lenteren, JC van; Drost, YC; Roermund, HJW van; Posthuma-Doodeman, CJAM. 1997. Aphelinid parasitoids as sustainable biological control agents in greenhouses. *J. of Applied Entomology* 121:473-458.
- Martin, JH. 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera, Aleyrodidae). *Tropical Pest Management* 33:298-322.
- Meekes, ETM; Fransen, JJ; Lenteren, JC van. 1996. Pathogenicity of entomopathogenic fungi of the genus *Aschersonia* against whitefly. *IOBC/WPRS bulletin* 19(1):103-106.
- Meekes, E.T.M. 2001. Entomopathogenic fungi against whiteflies: tritrophic interections between *Aschersonia* species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia argentifolii*, and glasshouse crops. PhD Thesis. Wageningen University. 181 p.
- Menn, JJ. 1996. The *Bemisia* complex, an international crop protection problem waiting for a solution. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, Pest Status and Management. Intercep, Andover, Hants. p. 381-384.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá). 2009. Insumos fitosanitarios importados en la república de Panamá. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, Departamento de Agroquímicos.
- Mound, LA; Halsey, SH. 1978. Whitefly of the world: A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemies data. British Museum (Natural History). 340 p.
- Name, BA. 2000. Determinación de las especies de mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae) que

- atacan los cultivos hortícolas en la provincia de Chiriquí. Tesis de Ing. Agr. Fitotecnia. Universidad de Panamá. 57 p.
- Naranjo, SE; Ellsworth, PC; Chu, CC; Henneberry, TJ; Riley, DG; Watson, TF; Nichols RL. 1998. Action thresholds for the Management of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. J. Econ. Entomol. 91(6):1415-1426.
- Naranjo, SE; Butler Jr, GD; Henneberry, TJ. 1999. Bibliography of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring. National research, action and technology transfer plan.
- Naranjo, SE; Butler Jr, GD; Henneberry, TJ. 2002. Complete bibliography of *Bemisia tabaci* and *Bemisia argentifolii* (on line). P. 227-415. In Silverleaf whitefly: National research, action and technology transfer plan, 1997-2001; Fourth annual review of the second 5-year plan and final report for 1992-2002. USDA-ARS June 2002. Consultado mayo 2013. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/News/docs>
- Naranjo, SE. 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20:835-852.
- Neal Jr, JW; Bentz, J. 1999. Evidence for the stage inducing phenotypic plasticity in pupae of the polyphagous whiteflies *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia argentifolii* (Homoptera:Aleyrodidae) and the *raison d'être*. Ann. Entomol. Soc. Am. 92 (6): 774-787.
- Oliveira, MRV; Henneberry, TJ; Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protection 20(1):709-723
- Onillon, JC. 1990. The use of Natural enemies for the biological control of whiteflies, In D. Gerling (ed.), Whiteflies: Their bionomic, Pest Status and Management, Intercept Ltd, Andover, Hants, p. 287-313.
- Osorio, O. 1998. Identificación de malezas hospederas de Geminivirus del tomate. Tesis Ing. Agr. con especialidad en Protección Vegetal. Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá. 65 p.
- Orrego, C; Agudelo-Silva, F. 1993. Genetic variation in the parasitoid

- wasps *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) revealed by DNA amplification of a section of the nuclear ribosomal repeat. Fla Entomol. 76:519-524.
- Pachón, MP; Cotes, AM. 1997. Efecto de *Verticillium lecanii* entomopatógeno de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* sobre la actividad parasítica de *Amitus fuscipennis* en un cultivo de frijol. Revista Colombiana de Entomología 23(3-4):171-175.
- Perring, TW; Cooper, AD; Rodriguez, RJ; Farrar, CA; Bellows Jr., TS; 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259:74-77.
- Pinto, JD; Stouthammer, R; Platner, GR. 1997. A new cryptic species of *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) from the Mojave desert of California as determined by morphological, reproductive and molecular data. Proc. Entomol. Soc. Washington 99:238-247.
- Polaszek, A; Evans, GA; Bennett, FD. 1992. *Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera: Aleyrodidae): a preliminary guide to identification. Bulletin of Entomological Research 82:375-392.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1999. Surgimiento y distribución de geminivirus transmitidos por mosca blanca en tomate en el Hemisferio Occidental. Manejo Integrado de Plagas. no. 53:12-17.
- Powell, DA; Bellows, TS. 1992a. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. Environmental Entomology 21:359-363.
- Powell, DA; Bellows, TS. 1992b. Adult longevity, fertility and population growth rates for *Bemisia tabaci* on two host plant species. Journal of Applied Entomology 113:68-78.
- Prabhaker, N; Coundriet, DL; Meyerdirk, DE. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78:748-752.
- Rosell, RC; Bedford, ID; Markham; Frohlich, DR; Brown, JK. 1996. Morphological variations in *Bemisia* populations. In Gerling, D. *Bemisia* 1995: Taxonomy, Pest Status and Management. Intercep, Andover, Hants. p. 147-152.

- Russell, LM. 1962. The citrus blackfly. FAO Plant Protection Bulletin 10(2):36-38. (Whiteflies 34).
- Santamaría Guerra, J. 2011. Gerencia por desafíos y sostenibilidad de intervenciones para el desarrollo inclusivo. Tegucigalpa, Honduras. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias Sociales, Programa de Doctorado en Ciencias Sociales con orientación en Gestión del Desarrollo. Consultado 13 mayo 2013. Disponible en http://issuu.com/doctoradoccssgd/docs/gerencia_por_desafios_para_la_sostenibilidad_de_in
- Santamaría Guerra, J. 2012. Metodología IDIAP- Agricultura Familiar. Panamá, Panamá. IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). Consultado 19 ene. 2014. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=wWHWuiRss0o>.
- Sappal, NP; Jeng, RS; Hubbes, M; Liu, F. 1995. Restriction fragment length polymorphisms in polymerase chain reaction amplified ribosomal DNAs of three *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogammatidae) species. Genome 38:419-425.
- Schilthuizen, M; Stouhamer, R. 1997. Horizontal transmission of parthenogenesis-inducing microbes in *Trichogramma* wasps. Proc. R. Soc. Lond. B, 264:361-366.
- Sánchez, E; Serrano, C. 1994. Manual del cultivo de la cebolla para las tierras altas de Chiriquí. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. IDIAP. 42 p.
- Valderrama, A; Velásquez, A; Fernández G, O. 1994. Trasmisión y ámbito de hospederos de un geminivirus asociado con *B. tabaci* en tomate. In V Jornada Agropecuaria Región Oriental, Instituto de Investigación Agropecuaria. Panamá. 17 p.
- Vega, FE; Infante F; Castillo F; Jaramillo J. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. Terrestrial Arthropod Reviews 2:129–147.
- Wardlow, LR; Ludlam, FAB; Bradley, LF. 1976. Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Pestic. Sci. 7:320–324.

A. NORMAS GENERALES

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se evalúa la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos presentados. Además, los autores deberán solicitar, cuando sea necesario, los permisos para la publicación de los datos ya reportados.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

Citación

Utilizar el sistema autor, año. Las citas de dos autores mencionar el apellido de ambos separado por la conjunción y con tres o más autores, se menciona el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina *et al.* Ejemplo: (Gordón *et al.* 2004) o Gordón *et al.* (2004). Para dos o más artículos usando la misma cita, adicione letra minúscula (a, b, c, etc.) para el año en ambos texto y referencia. Separe las citas con una coma. Para citas de múltiples trabajos por el mismo autor, el nombre del autor se coloca una vez. Ejemplos:

(Murphy 2001, Murphy y Smith 2001, Murphy *et al.* 2001)

(Murphy 2001, Murphy y Wong 2001a, 2001b, Murphy *et al.* 2001)

(Murphy 2001, Murphy *et al.* 2001, 2002, Murphy y Davis 2002)

Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre del ingrediente activo.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

- a. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
- b. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y apellidos sin abreviar, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor y coautores. Indicar en el pie de página el grado académico, título o especialidad. Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis) correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.
- d. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
- e. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento.
- f. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos

empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.

- g. Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
- h. Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- i. Recomendaciones:** Esta sección puede estar o no presente en el artículo. En caso de que el autor presente sugerencias, las mismas deberán presentarse en esta sección.
- j. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomada en cuenta las recomendaciones del documento sobre Redacción de Referencias Bibliográficas del IICA y el CATIE, 4ª edición.
- k. Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

- a. Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
- b. Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de tres.

3. COMUNICACIONES CORTAS

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. No pueden tener una extensión mayor a 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

Costo de la revista 15.00 dólares de EEUU por unidad. Para pedidos fuera de Panamá, agregar el costo de envío en dólares EEUU: Grupo I: países de América \$ 5.80; Grupo II: Argentina, Bermudas, Bahamas, Brasil, Canadá, Chile, Guyana y Uruguay \$ 7.70; Grupo III: Europa \$ 11.45 y Grupo IV: Asia, África, Oceanía \$ 15.25.

El pago de la suscripción deberá hacerse anticipadamente.

Los cambios de dirección se deben notificar en el primer mes del año. Sólo se aceptan suscripciones por un año.

La publicación de artículos será sin costo alguno.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se evalúa la incorporación del trabajo al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la suscripción y canje debe dirigirse a:
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)
Tel. (507) 976-1265 ó 976-1168 fax. 976-1349
e-mail: cidagro.idiap@idiap.gob.pa

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa
Web: idiap.gob.pa
Clayton – Ciudad del Saber
IDIAP. 2015. Derechos Reservados

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

<http://www.abcpanamá.org.pa/recursos-nacionales/>

Publicación financiada con fondos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá,
bajo la administración del Ph.D. Axel Villalobos Cortés – Director General

