

ISSN-1659-0538



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 11

NÚMERO 1

AÑO 2016



ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 11

NÚMERO 1

AÑO 2016

Revista bienal del Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

INTA-Costa Rica

Directora:

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica

Editora:

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica

Biometrista:

Beatriz Sandoval Carvajal, INTA-Costa Rica

Comité Editorial:

Alfredo Bolaños Herrera, INTA-Costa Rica

Carlos Cordero Morales, INTA-Costa Rica

Juan Mora Montero, INTA-Costa Rica

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica

Nevio Bonilla Morales, INTA-Costa Rica

Comité Asesor:

Alexis Vásquez Morera,
Trabajador independiente-Costa Rica

Carlos Chaves Villalobos, EARTH-Costa Rica

Danilo Pezo Quevedo, ILRI-Uganda

Flor Araya Sandí,
Agronomía Mesoamericana

José Alberto Torres Moreira, Trabajador
independiente-Costa Rica

Luis Villegas Zamora, MAG-Costa Rica

Olman Quirós Madrigal, UCR-Costa Rica

Oscar Bonilla Bolaños, UNED-Costa Rica

Pedro Argel Montalvo, Trabajador
independiente-Colombia

Ricardo Guillén Montero, MAG-Costa Rica

Rodolfo Araya Villalobos, Agronomía
Mesoamericana-Costa Rica

Walter Peraza Padilla, UNA-Costa Rica

Walter Ruíz Valverde, UCR-Costa Rica

630

A Alcances tecnológicos / Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. -- Vol. 1, no. 1 (2003). -- San José, C.R.: INTA, 2003. -

Bienal.

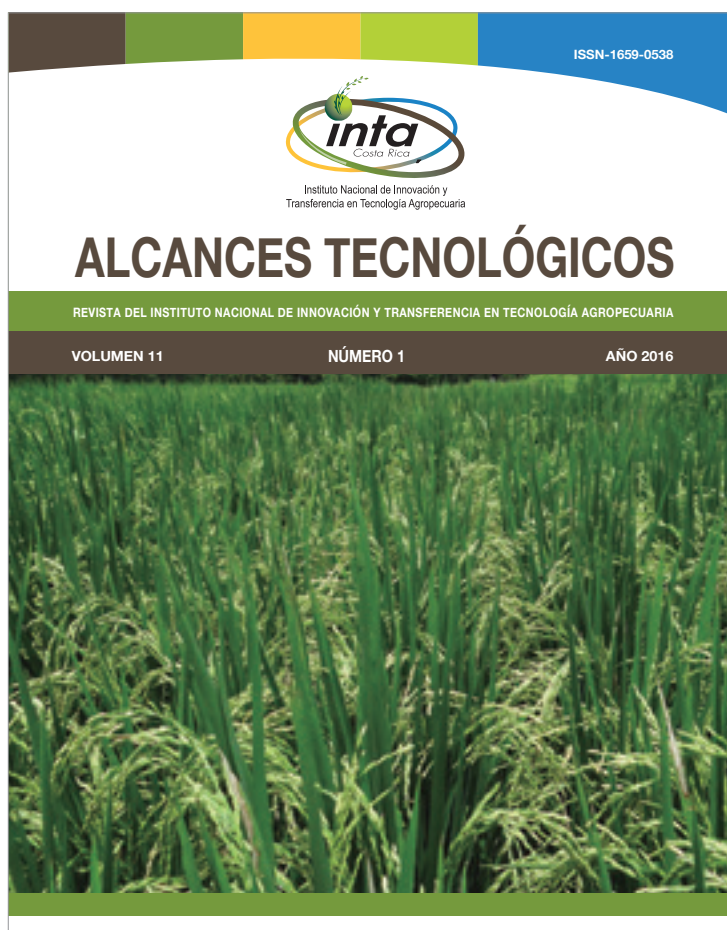
ISSN 1659-0538

1. AGRICULTURA. 2. INVESTIGACIÓN. 3. COSTA RICA.

Foto de portada: José Roberto Camacho Montero, exinvestigador del INTA en Costa Rica.

Diseño gráfico y diagramado: Handerson Bolívar Restrepo.

Impresión: Impresiones el Unicornio.



ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 11

NÚMERO 1

AÑO 2016

ARTÍCULOS

- Biología y cría de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* L.
Cristina Vargas-Chacón, Arturo Solórzano Arroyo.....5-19
- Híbridos experimentales de maíz normal y QPM en regiones maiceras de Costa Rica
Nevio Bonilla Morales21-32
- Inducción de rizogénesis y crecimiento foliar en estacas de nacedero (*Trichanthera gigantea*)
Mary García Mora, José Jiménez Castro, Andrés Alpízar Naranjo, Esteban Jiménez Alfaro, Laura Chaverri Esquivel, María Isabel Camacho Cascante.....33-40
- Hongos nematófagos en el combate de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de lechuga
Ricardo Piedra Naranjo, Cristina Vargas Chacón.....41-48

NOTAS TÉCNICAS

- Variedades de arroz adaptadas a los sistemas de secano en laderas
Carlos Cordero Morales49-57
- Captura de parasitoides de *Stomoxys calcitrans* en pupas de mosca doméstica en Costa Rica
Ligia Rodríguez Rojas59-66

COMUNICACIÓN CORTA

- Potencial de producción del pichichio (*Solanum mammosum* L.) en el caribe de Costa Rica
Pablo Acuña Chinchilla D.E.P, Jorge Garro Alfaro67-70

ANÁLISIS Y COMENTARIO

- Emisión de gases de efecto invernadero y absorción de carbono en fincas ganaderas
Sergio Abarca Monge.....71-76

- NORMATIVA PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ALCANCES TECNOLÓGICOS**77-85

- REVISORES TÉCNICOS**87

BIOLOGÍA Y CRÍA DE LA MOSCA DEL ESTABLO *Stomoxys calcitrans* L.

Cristina Vargas-Chacón¹, Arturo Solórzano Arroyo¹

RESUMEN

Biología y cría de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* L. El estudio se realizó en el Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA, San José, Costa Rica. Se estudiaron elementos de la biología del insecto que contribuyeron a reproducir una colonia de la mosca del establo hasta su domesticación después de cinco generaciones, a partir de una población silvestre capturada en rastrojos de piña en San Carlos de la provincia de Alajuela. El estudio permitió conocer elementos básicos de su biología, que contribuyeron a la reproducción de los estadios de huevo, larva, pupa y adulto en condiciones de laboratorio. A una temperatura entre 26-28 °C y una humedad relativa entre 65-75 %, se logró un ciclo biológico de 18 días, el cual se alargó hasta 43 días cuando las condiciones nutricionales fueron insuficientes, manteniéndose el insecto en estadio larval. Los adultos se mantuvieron vivos hasta por 28 días. Cabe destacar que se requirió dotar a las moscas silvestres de una solución azucarada de leche en polvo al 10 %, además de sangre con anticoagulante para que se iniciara la oviposición; luego de cuatro ciclos la leche no fue necesaria. Además se elaboró el protocolo de cría que garantiza la cantidad de individuos necesarios para futuros estudios. La mosca del establo afecta directamente la ganadería e indirectamente la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas que dejan en el campo grandes cantidades de rastrojos en proceso de descomposición, que aunado a un mal manejo beneficia la propagación de este tipo de díptero.

Palabras clave: Dípteros, dieta, ciclo biológico, hematófagos.

INTRODUCCIÓN

La mosca del establo es una plaga hematófaga que afecta las explotaciones pecuarias a nivel mundial (Taylor y Berkebile 2006) y nuestro país no es la excepción, ya que desde el año 1987 se han reportado daños económicos en ganadería debidos a esta plaga (Herrera *et al.* 1994). El macho y la hembra succionan sangre en varias ocasiones para completar su desarrollo y reproducción. Sin la sangre no se completa la

formación de huevecillos (Foil y Hogsette 1994, Zumpt 1973, Salem 2012 y Justin 2008), los cuales se ovipositan sobre materia orgánica en proceso de descomposición (residuos de cosecha), abonos orgánicos de origen animal no tratados como cerdaza, gallinaza y pollinaza que permiten que el insecto cumpla su ciclo reproductivo (Martínez y Lumaret 2006). Estos insectos succionadores de sangre, causan dolorosas

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. cvargas@inta.go.cr, asolorzano@inta.go.cr. Sede del Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur, San José.

picaduras a los animales que afectan la ganancia de peso y producción de leche, afectando también la vitalidad del animal (Harwood y James 1979, Campbell *et al.* 2001 y Gilles *et al.* 2008). Consecuentemente los animales se agrupan, aumentando el estrés por calor y pérdida de peso (Foil y Hogsette 1994).

Para implementar mecanismos de control de la plaga es indispensable conocer la biología de la mosca y disponer del material biológico necesario para implementar estudios que soporten una propuesta para el manejo integrado de la mosca del establo. Establecer una colonia de moscas del establo es un aspecto fundamental para que se inicien las investigaciones relacionadas con el control químico y biológico de la plaga (Singh y Moore 1985). La colonia puede establecerse a partir de moscas de campo, sin embargo, el tiempo requerido para que se adapten al laboratorio puede ser largo, ya que las moscas recién colonizadas se resisten a alimentarse y a aparearse (Singh y Moore 1985 y Rodríguez 2007).

Desde el año 1924 se reportan técnicas para la cría de larvas de *Stomoxys calcitrans*, dichas técnicas van desde la crianza utilizando heces de animales, medios sintéticos, subproductos vegetales como fuente de carbohidratos y proteínas (Parr 1959, Bakri 1959, Zumpt 1973 y Hargett y Goulding 1962). También se han reproducido larvas en jarras plásticas de 4,5 ml en un medio de cultivo CSMA compuesto por salvado de alfalfa,

levadura seca, colesterol, malta y agua (Ashrafi 1964). Larvas de otras especies de moscas hematófagas fueron criadas por Schmidt *et al.* (1967 y 1968) utilizando una mezcla de pulpa de caña de azúcar molida, harina de trigo, plasma bovino deshidratado, bicarbonato de sodio y agua. Las dietas a base de subproductos de la caña de azúcar han sido muy exitosas en Brasil. Se logró establecer eficientemente una colonia haciendo varias modificaciones tanto en las cajas de cría como en la dieta de alimentación de los inmaduros (Rodríguez 2007). Se evaluaron siete sustratos para el desarrollo larval incluyendo hojas y tallos de caña de azúcar, distintas especies de pastos forrajeros (zacate elefante, ensilaje de pasto kikuyo, pasto Rhodes y estiércol maduro), conforme se presentaron altos niveles de celulosa se redujo el tiempo de reproducción y a niveles de pH ligeramente ácido se aumentó el porcentaje de sobrevivencia de huevo a adulto (Gilles *et al.* 2008).

Otros materiales que han sido utilizados en las dietas, con el propósito de disminuir la compactación del medio de cultivo, son las cáscara de avena, virutas de madera, vermiculita, alimento para perros, levadura de cerveza, paja y cáscaras de maní entre otros (Doty 1937, Campau *et al.* 1953, Champlain *et al.* 1954, Berkebile *et al.* 2009 y Salem *et al.* 2012). Para la alimentación de los adultos se describe el uso de sangre bovina con anticoagulante (Hargett y Gouding 1962 y Schmidt *et al.* 1967, 1968).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en la provincia de San José, Cantón Central, distrito Mata Redonda. (9° 55'59.21"N 84° 7'7.46"O). La cría se realizó en un cuarto a una temperatura entre 26-28 °C, a una humedad relativa entre 65-75 % y un fotoperiodo de 12:12 horas luz:oscuridad. Para mantener la temperatura y humedad relativamente controladas

se colocó en el área un calentador portátil de cerámica Optimus H 7004 1000W y un humidificador tipo consola de 12 galones, Air King Modelo H12400.

Las moscas con las que se iniciaron los estudios, denominadas silvestres (Fs) fueron capturadas en campo, en la zona norte del país, específicamente en Pital de San Carlos (provincia de Alajuela), mediante colocación de trampas de

tela azul/negra de cono invertido (Vavoua) y triangular (NZI) (Guilles *et al.* 2007) para moscas en fincas piñeras una semana después de la derriba en verde (corte de la planta sin usar desecantes) con trituradora Seppi M Midiforst dt 150; además, se capturaron las que emergían de rastros de piña húmedos y frescos llevados al laboratorio y colocados en cajas de madera. Con la ayuda de aspiradores con boquilla ancha, se pasaron las moscas a cajas limpias de vidrio, madera y plástico de diferentes tamaños y con malla antiáfidos para facilitar la aireación y evitar la entrada de insectos contaminantes y se colocaron en el cuarto de cría.

Para la alimentación se utilizó sangre bovina con anticoagulante, ya que en pruebas preliminares, las moscas no se alimentaron de sangre sin anticoagulante ni de órganos con alto contenido sanguíneo como hígado de res y pollo. Se utilizaron bolsas comerciales para la extracción de sangre CPDA-1 con citrato de sodio como anticoagulante (2,63 g/100 ml). La sangre extraída fue fraccionada en tubos estériles, con aproximadamente 15 ml de sangre por tubo y almacenada en refrigeración a 5 °C. Las moscas se alimentaron diariamente por las mañanas para ello se utilizó una esponja embebida con la sangre tibia (37 °C), que se colgó dentro de la caja de cría, para lo cual se utilizó un clip de metal como gancho.

Sexado de adultos

El sexado de adultos se realizó en moscas muertas mediante la separación y forma de los ojos, lo cual permitió medir la cantidad de machos y hembras F_s provenientes de campo y de las obtenidas en la cría. Además se midió el índice frontal (IF) y la longitud del cuerpo del insecto diferenciado entre machos y hembras. El índice frontal (IF), es la relación entre la distancia EO (espacio frontal del vertex) entre LO (longitud del ojo) (Masmeathip *et al.* 2006).

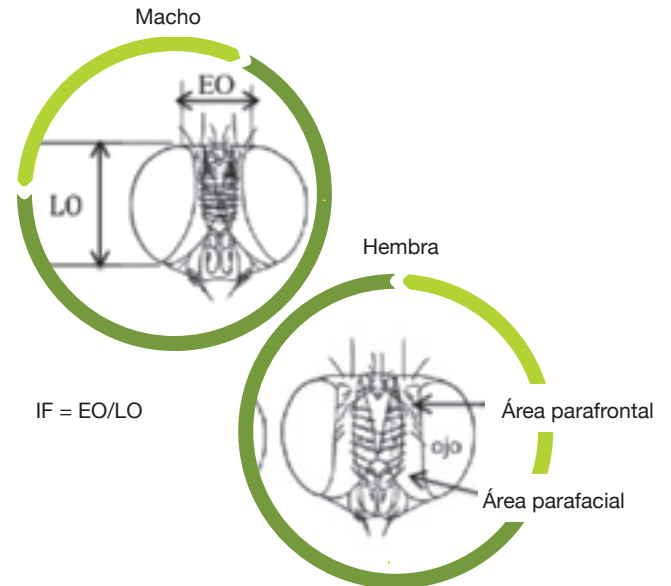


Figura 1. Macho y hembra. Detalle en la separación y forma de los ojos, área parafrontal y área parafacial. San José, Costa Rica, 2013.

Fuente: Salem 2012, adaptado de Zumpt 1973. Modificado por Vargas 2013.

Recolecta de huevos

En las cajas de cría con los adultos, se colocó un material que sirviera de atrayente para que las moscas grávidas ovipositaran; para ello se probaron dos sistemas: uno colocando trozos de pinzote de plátano semidescompuesto y otro donde se colocó en una caja petri con la dieta para larvas. Diariamente se puso material nuevo y se observó el del día anterior al estereoscopio para verificar y determinar el día de la oviposición. El material junto con los huevos fue trasladado a las cajas de cría de larvas.

Desarrollo de larvas y pupas

Para el desarrollo de las larvas se evaluó pinzote de plátano picado en trozos de aproximadamente 5 cm, en proceso de descomposición y una dieta compuesta de salvado de trigo (312 g), harina de pescado (75 g) aserrín de madera (125 g) en agua destilada (1000 ml) (Berkebile y

Taylor 2013)². Los huevos recolectados, se colocaron sobre el material y se colocó una toalla de papel húmeda a fin de mantener la humedad (Singh y Moore 1985).

Se utilizaron cajas plásticas de 708 mm³ de volumen (15X8X5 cm), marca Ziploc con tapa plástica a la cual se le realizó un agujero y se le pegó malla antiáfidos para facilitar la aireación e impedir el ingreso de otros insectos al sistema. Dentro de las cajas se colocaron cada uno de los materiales utilizados para alimentación de las larvas, cubriendo el fondo con una capa de 3 cm del material. Para la recolecta de pupas se siguió el procedimiento planteado por Berkebile *et al.* (2009), donde se colocó en la caja de cría

de larvas, una esponja humedecida con agua y envuelta con una tela negra hasta la formación de las pupas.

Las pupas provenientes de la Fs, se trasladaron a las cajas de cría de adultos, donde se evaluó la emergencia, desarrollo y comportamiento de adultos y oviposición. En cuanto fueron muriendo se sexaron y se midió la longitud de su cuerpo y el índice frontal. Las siguientes generaciones fueron denominadas F1, F2 y así consecutivamente. Se llevó un registro de la fecha en que se colocaron los huevos en las bandejas con el pinzote, humedad relativa, la temperatura, fechas de eclosión de larvas, días de los estadios larvales, fecha de pupación y fecha de emergencia de adultos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población inicial

Las moscas adultas recolectadas en campo fueron trasladadas lo más pronto posible al laboratorio; sin embargo, durante el transporte muchas de ellas murieron, llegando vivas menos del 50 % de los adultos capturados. La población de moscas adultas obtenidas de rastrojos una semana después de la derriba en verde, fue más efectiva, ya que las larvas se mantuvieron en el rastrojo y el mismo día o al día siguiente de emergencia de los adultos (Fs), fueron trasladados a cajas de cría limpia.

Dado que de los rastrojos salieron varios géneros de dípteros, se verificó la especie previo al traslado de las mismas. Los adultos de la mosca del establo (Figura 2), se reconocieron fácilmente principalmente por su aparato bucal, caracterizado por la presencia de una probosis robusta de color negro, la cual utiliza para perforar la piel y succionar sangre.



Figura 2. Identificación de adultos de la mosca del establo. San José, Costa Rica, 2013.

2 Berkebile, A; Taylor, D. 2013. Dieta para la cría de la mosca del establo. (*Correo electrónico*). USDA ARS. University of Nebraska, USA. Comunicación personal.

Con una lupa 10X, se pudo observar el patrón de venas del ala, en la cual la vena M1+2 es ligeramente curvada hacia arriba acercándose, pero nunca tocando la R4+5. En el abdomen de esta mosca (en su porción dorsal) se observó un patrón de manchas oscuras dibujando un tablero de damas. Con este patrón, según Zumpt (1973), se pueden diferenciar especies de *Stomoxys*. Según la comparación entre patrones abdominales, *post mortem*, se corroboró que la especie que se manipuló correspondía a la mosca del establo (Figura 3).

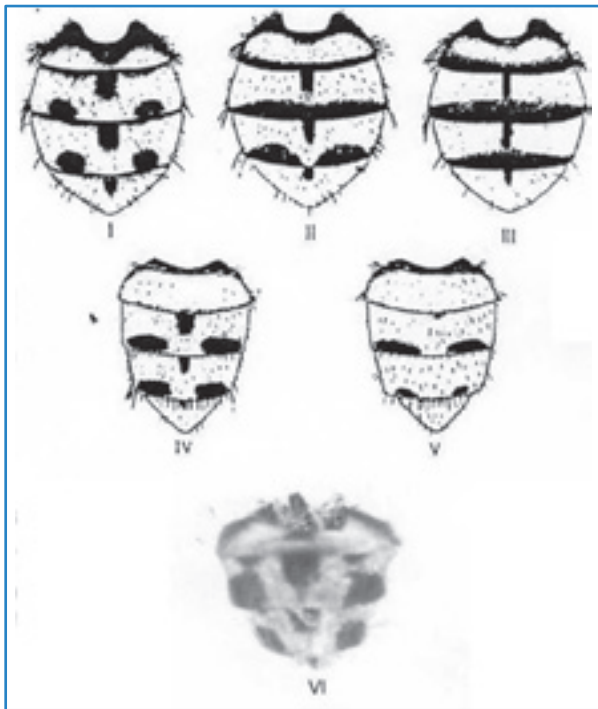


Figura 3. Patrón abdominal de: (I) *Stomoxys calcitrans* (L.). (II) *S. nigra nigra* (Mcq.). (III) *S. indica* (Pic). (IV) *S. sitiensis* Rond. (V) *S. nigra bilineata* Grunberg. (Zumpt 1973). (VI) mosca criada en el Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA.

Adultos

Cajas de cría

Las cajas de vidrio, con malla antiáfidos y marcos de aluminio (Figura 4), fueron consideradas en un inicio una buena opción para la cría de adultos, dado que el material ofrecía una mayor facilidad para la limpieza y por lo tanto una mejor asepsia del sistema de reproducción. Sin embargo, las moscas únicamente se mantuvieron

vivas por un período de 24 horas. Se observó que los adultos chocaban constantemente contra el vidrio, por lo que el daño físico por el golpe aceleró su muerte.



Figura 4. Tipos de cajas probadas para la cría de moscas adultas. A: vidrio, B: madera, C: plástico. San José, Costa Rica, 2013.

En las cajas de madera y plástico (Figura 4B y 4C), las moscas lograron sobrevivir hasta por 28 días, superando en 7 días lo indicado por Singh y Moore (1985). Hay que mencionar, que las cajas de madera por naturaleza son de un material muy poroso, por lo que para obtener un período de vida largo, éstas debieron ser lavadas muy bien con jabón, cloro y agua antes de ser utilizadas a fin de evitar las contaminaciones recurrentes que se produjeron cuando no fueron eficientemente lavadas. Sin el lavado eficiente se presentaron muchos problemas de contaminación del material utilizado para la oviposición, con hongos como *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp. El material plástico tiene menos poros que la madera, es más fácil de limpiar y efectivamente se obtuvo una disminución en la contaminación por los hongos mencionados anteriormente. Las cajas plásticas de fondo totalmente plano, resultaron ser las mejores, otras que tenían alguna curvatura o división dejó espacios donde se metieron las moscas quedando atrapadas y causando la muerte temprana de los adultos.

Tanto en cajas de plástico como en las de madera ingresaron otros dípteros de la familia Drosophilidae, por lo que se debe tener especial cuidado en cerrar todas las aberturas de ingreso de este insecto, a fin de evitar la contaminación de la cría. Se colocó cinta adhesiva alrededor de las puertas de madera y se revisó diariamente la malla antiáfidos. En caso de encontrarse agujeros se taparon con silicona.

Alimentación

Las moscas silvestres (Fs), se resistieron a alimentarse diariamente obteniéndose una mortalidad del 100 % en un primer intento y de un 80 % en un segundo intento, de ahí que para establecer la colonia fue fundamental no fallar con la colocación de la espuma con sangre, a fin de que el 20 % restante sobreviviera y se iniciara el proceso de adaptación al cautiverio. Una vez que las moscas iniciaron la alimentación con sangre se logró el establecimiento de las siguientes generaciones. El abdomen de las moscas se observó de color rojo y completamente abultado luego de la alimentación (Figura 5).



Figura 5. Abdomen de la mosca del establo antes y después de la succión de sangre bovina con anticoagulante. San José, Costa Rica, 2013.

Sexado (machos y hembras Fs)

El dimorfismo sexual de la mosca del establo facilitó la diferenciación entre machos y hembras, se comprobó que los machos poseen ojos compuestos que se acercan bastante en la parte media frontal sin llegar a ser holópticos y las hembras poseen ojos ampliamente separados (diópticos). El sexado y mediciones realizadas a los adultos Fs, se efectuaron *post mortem* a partir del grupo de moscas que lograron alimentarse con sangre con anticoagulante.

La mayoría de las moscas adultas capturadas del campo y las llevadas al laboratorio en rastrojo, una semana luego de la derriba en verde (Fs), fueron hembras. Se evaluó una población de 73 moscas de las cuales 40 fueron hembras y 23 machos. Sin embargo en la cría establecida la proporción de machos y hembras llegó a ser de 1:1. Esto podría deberse a que son las hembras las que mayormente llegan a los rastrojos de piña atraídas por un nicho para ovipositar, lo cual es congruente con lo indicado por Solórzano *et al.* (2013), quienes encontraron que las hembras son las primeras en llegar al rastrojo en descomposición.

Índices frontales y longitud de adultos

El índice frontal (IF) de las hembras fue mucho mayor que el de los machos. Para la población silvestre (Fs), se obtuvo un IF promedio de $0,56 \pm 0,04$ para hembras y $0,36 \pm 0,05$ para machos (Cuadro 1). Estos valores no son diferentes de los resultados obtenidos con las poblaciones de moscas de Tailandia donde, Masmeatathip *et al.* (2006), reportaron valores de 0,55 para hembras y 0,33 para machos.

Las hembras Fs de la mosca del establo, por lo general poseen un cuerpo más largo que el de los machos. Las hembras midieron entre 5 y 7 mm, mientras que los machos entre 4 y 6 mm de longitud. Ninguna hembra llegó a medir menos de 5 mm y ningún macho llegó a medir más de 6 mm de largo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índices frontales y longitud promedio de la Fs de la mosca del establo, según sexo. San José, Costa Rica, 2013.

Sexo	Hembra n=40		Macho n=23	
	Índice frontal	Longitud, mm	Índice frontal	Longitud, mm
Valor promedio	0,558	5,82	0,359	5,50
Desviación estándar	0,044	0,67	0,051	0,54
Valor mínimo	0,390	5,00	0,279	4,00
Valor máximo	0,640	7,00	0,461	6,00

Estos parámetros podrían ser útiles para evaluar la calidad de la cría conforme se den los ciclos de desarrollo.

Huevos

Oviposición

En las cajas de cría con adultos se colocaron unos trozos de pinzote semidescompuesto para estimular la oviposición sobre ese material, se les proporcionó la sangre; sin embargo con el primer grupo de adultos Fs mantenidos en el laboratorio por 28 días no se evidenció ninguna postura. Ya ha sido mencionado por Singh y Moore (1985) y Rodríguez (2007) que el tiempo para establecer una colonia a partir de moscas silvestres se alarga ya que las mismas se resisten a alimentarse y copular. En un segundo intento con otro grupo de Fs se observó que una pequeña cantidad de huevos fueron colocados no sobre el pinzote, sino por toda la caja de cría, incluso se observaron algunos fuera de la misma evidenciando que las hembras sacaban el ovipositor por la malla antiáfidos. Por lo anterior, se recomienda establecer una colonia a partir de pupas provenientes de una colonia establecida, ya que como indica Singh y Moore (1985), se ahorraría tiempo considerable.

Ante la situación expuesta y la sobrevivencia de solo un 20 % de la Fs, se introdujeron constantemente nuevos adultos silvestres a las cajas de cría de adultos y se les proporcionó la solución azucarada con leche en polvo al 10 %

(Funes 2013³). A los dos días de esa práctica, se observaron mayores cantidades de huevos. Con este resultado, se cree que la composición de la leche proporcionó alguna (s) sustancia (s) que incidieron en la nutrición y bienestar del insecto, ya que la leche en polvo contiene hidratos de carbono, minerales, proteínas, vitaminas y ácidos grasos (Dos Pinos sf) que pudieron ser necesarios en ese momento. A partir de esta práctica, los adultos se mostraron muy activos e iniciaron la cópula y con ello una mayor oviposición. Cabe mencionar que los trozos de pinzote semidescompuestos utilizados inicialmente, se contaminaban con mucha facilidad y a fin de disminuir los efectos adversos que dichos contaminantes podían tener en el desarrollo del ciclo, se cambió el pinzote por una porción pequeña de la dieta para larvas (salvado de trigo, harina de pescado y aserrín), colocada húmeda en una caja petri dentro de la jaula. Este material colocado en la caja de cría de adultos, únicamente funcionó como soporte para la postura ya que los adultos se alimentan de sangre.

Se requirieron cinco generaciones para obtener producciones significativas de huevos, de ahí que para tener una colonia estable se debe dedicar el tiempo suficiente durante los primeros cinco o seis ciclos de reproducción, luego de los cuales se sincroniza la producción de todos los estadios de la mosca y puede eliminarse el uso de la leche e incluso el calentar la sangre.

Recolección de huevos

Cuando se observaron huevos sobre la porción de dieta, se pasó el material completo a las cajas de larvas, revisando al final bajo el esteoscopio que no quedaran huevos sin pasar al medio de desarrollo de larvas y si los había, se pasaron con ayuda de un pincel. El traslado de huevos a cajas de cría debe realizarse a más tardar, 24 horas después de ovipositados, de no

3 Funes, C. 2013. Asesoría en Agronomía y Control biológico de plagas (entrevista). San José, Costa Rica. Comunicación personal.

ser así los huevos se secan mucho y disminuye el porcentaje de eclosión. Una opción a esto es que para los fines de semana se coloque dentro de la caja de adultos una caja de cría para larvas preparada según la metodología, a fin de que la espuma húmeda impida la desecación de los huevos y los lunes solamente se rotule la caja y se pase al área de larvas.

Cada postura de huevos se realizó sobre, entre y debajo del material utilizado para la oviposición, formando grupos de 7 a 15 huevos (Figura 6). Los huevos son de aproximadamente 1 a 2 mm de largo, alargados en forma de banano y con una sutura longitudinal (Schol 1986, Zumpt 1973, Salem 2012).



Figura 6. Huevos de *Stomoxys calcitrans* colocados en grupos. Obsérvese la forma alargada de los mismos. San José, Costa Rica, 2013.

Larvas

Alimentación y desarrollo de larvas

Las cajas con huevos fueron puestas dentro de cajas de vidrio, dado que se observó insectos externos queriendo ingresar a la caja de cría. Posteriormente el sistema se cambió y las cajas fueron colocadas sin tapa, dentro de fundas de tela que las protegían de la contaminación y ofrecían una mejor aireación (Figura 7). Con ambas dietas (concentrado de pollo y dieta con salvado de trigo, harina de pescado y aserrín) las larvas eclosionaron entre los cuatro y cinco días luego de ovipositados los huevos en el medio.



Figura 7. Cajas de cría de larvas. A: Contenido de las cajas. B: Dentro de cajas de vidrio. C: Dentro de fundas de tela. San José, Costa Rica, 2013.

Medio para desarrollo de larvas (pinzote)

Inicialmente se observó el desarrollo de las larvas sobre pinzote parcialmente descompuesto. Con este, las larvas provenientes de huevos colocados el mismo día emergieron entre los días cuatro y cinco. Sin embargo, el período larval fue muy amplio y no sincronizado. Según los datos la transformación de larvas a pupas duró de 9 a 28 días. Este periodo larval tan largo, extendió el desarrollo del ciclo de cría completo a 52 días (Figura 12). Al parecer, las larvas sobre pinzote pueden permanecer en ese estadio sin pasar a pupa por largo tiempo. Se observaron larvas en este estadio hasta por 40 días, luego de los cuales se descartaron. Los contenidos nutricionales del medio así como la temperatura inciden en la duración de los estadios larvales (Gilles *et al.* 2005). El estadio larval podría durar cerca de 8 días en condiciones de 26 °C y 80 % HR (Parr 1962) a varios meses en invierno (Harwood y James 1979), tanto larvas del tercer estadio como pupas podrían extender su período por el frío del invierno (Berkebille *et al.* 1994). Otros datos indican que la

eficiencia para llegar a pupa fue de 33 % con una emergencia de adultos del 66 %. Los resultados indican que los trozos de pinzote de plátano semidescompuesto, no es un buen material para sincronizar el ciclo de la mosca, quizás porque no reúne los requisitos nutricionales que requiere la larva para pasar a pupa.

Dieta

Con la dieta, se obtuvieron los menores tiempos de desarrollo del ciclo completo de la mosca, pasando de 52 días utilizando pinzote en el desarrollo de larvas, a 28 días con la dieta. Con este sistema, no se contaron los diferentes estadios por la gran cantidad obtenida.

Cuando se colocaron muchos huevos (+ de 200) en las cajas de cría de larvas, éstas no se desarrollaron de forma homogénea, extendiéndose el periodo de formación de pupas; a pesar de que todos los huevos fueron ovipositados el mismo día unas larvas pasaron a formar pupas al día 10 pero otras se mantuvieron como larvas hasta por siete días más. Se observó además que algunas larvas se movían por toda el área superior de la espuma y de la dieta, no solo dentro y bajo la dieta como era lo usual cuando hubo pocas larvas en la caja. Por esa razón, cuando hubo muchos huevos, se colocaron en cajas de mayor tamaño aumentando la cantidad de dieta, con lo cual mejoró la sincronización en el desarrollo de larvas. Además, se quitó la tapa y se introdujeron en una bolsa o funda hecha de tela tipo Tergal, favoreciendo de ésta manera la aireación y la prevención de contaminación. Bajo este sistema, el desarrollo de las larvas se sincronizó y a los 10 días de colocados los huevos todas las larvas se transformaron a pupas. La falta de nutrientes y aireación pudieron incidir en el comportamiento errático de las larvas y la falta de sincronización del período larval (Taylor 2014)⁴.

Mantenimiento de la cría

Durante todo el proceso se presentaron problemas de contaminación de la cría, siendo más insidiosos al principio de la actividad. Dichas contaminaciones seguramente afectaron la eficiencia y la productividad del proceso; sin embargo, conforme se mejoró la sincronización en el manejo del sistema y la asepsia de las cajas de cría, se logró el establecimiento de la cría con resultados satisfactorios. Cabe mencionar que conforme se mantenga la cría, se deben realizar cambios que mejoren la productividad y asepsia del sistema. Lo anterior coincide con lo expuesto por Fisher *et al.* (1999), quienes indican que se debe evitar la contaminación de la colonia para no afectar negativamente la productividad, ya sea por competencia, interferencia, parasitismo, predación o enfermedad. Se ha reportado que algunos ácaros y otros insectos pueden causar problemas por competencia por el sustrato o por afectación directa del insecto. Además; hongos como *Penicillium*, *Aspergillus* o *Neurospora* han aparecido durante el desarrollo de inmaduros principalmente cuando se utilizan jaulas de madera, situación que solventó Rodríguez (2007), empleando jaulas plásticas y recolecta diaria de camas de cría en papel tipo Kraft.

Se encontraron problemas de contaminación en las cajas de cría de adultos, principalmente con hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* y con otros insectos que ingresaron a la caja y ovipositaron en el mismo sitio que las moscas del establo. Esto se resolvió cerrando las aberturas (puertas con cinta adhesiva y agujeros en las mallas antiáfidos con silicona). En las cajas de cría de larvas también se identificaron los hongos antes mencionados, acaros y otros insectos de las familias Drosophilae, Mycetophilidae, Sciaridae y Staphlinidae (Taylor 2014)⁵.

En el área de cría, se observaron parasitoides (Figura 8), los cuales se cree venían en los rastrojos de piña traídos al laboratorio. Se

4 Taylor, D. 2014. Cría de la mosca del establo (entrevista). USA-University of Nebraska, USDA-ARS. Comunicación personal.

5 Taylor, D. 2014. Identificación de insectos contaminantes (entrevista). USA-University of Nebraska, USDA-ARS. Comunicación personal.

identificó el Pteromalidae de 3 mm de largo del género *Spalangia* sp (Hanson 2014)⁶.



Figura 8. Parasitoide del género *Spalangia* sp. capturado en el área de cría de larvas y pupas. San José, Costa Rica, 2013.

Pupas

Limpieza y recolección de pupas

Las pupas fueron recolectadas en las cajas de desarrollo de larvas. En un inicio al no estar el proceso sincronizado se revisaron todos los días a partir del día siete hasta el día 40 y las encontradas se pasaron a la caja de cría de adultos correspondientes al siguiente ciclo (F1, F2, F3...). Cuando se logró sincronizar el ciclo, las cajas se revisaron los días 10, 11 y 12, periodo en el cual salieron todas las pupas descartándose posteriormente los desechos incluyendo las larvas que no habían pasado a pupa.

Las pupas, en su mayoría, se encontraron dentro y entre la espuma y la tela. Las larvas de último estadio, migraron de la dieta y tendieron a formar su estadio de pupa en esa zona, lo que demuestra que este es un mejor micro hábitat que la dieta. Esta situación, facilitó el conteo y extracción de pupas (Figura 9) ya que pocas fueron observadas entre la dieta, y las que quedaron ahí se sacaron por flotación (agregando agua a la caja de cría el día 12).



Figura 9. La mayoría de larvas forman las pupas en la tela negra y dentro de la espuma. San José, Costa Rica, 2013.

A fin de obtener otro parámetro para evaluar la calidad de las generaciones desarrolladas en el laboratorio, se midió la longitud de 51 pupas de la Fs, las cuales midieron entre 4,5 y 5,5 mm (Cuadro 2). Las pupas provenientes de larvas de más de 12 días luego de emergidas en laboratorio tendieron a tener una longitud más pequeña (Figura 10), por lo que las larvas con más de 12 días se descartaron de la cría.

Cuadro 2. Longitud de las pupas Fs. San José, Costa Rica. 2013.

Estadio	Pupa
Parámetro	Longitud, mm
Valor promedio	5,0
Desviación estándar	0,19
Valor mínimo	4,5
Valor máximo	5,5
N	51

La longitud de pupas podría utilizarse para evaluar la calidad de las diferentes generaciones y de la adecuada alimentación en cada ciclo, ya que como se había mencionado, las larvas que se desarrollaron en un sustrato nutricionalmente limitado (pinzote) fueron alargadas y delgadas y sus pupas y adultos fueron más pequeños.

⁶ Hanson, P. 2014. Identificación de insectos contaminantes (entrevista). Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

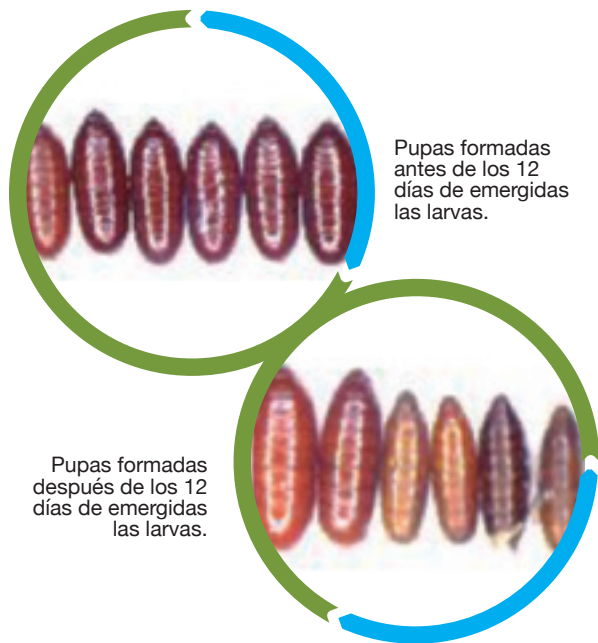


Figura 10. Longitud de las pupas antes y después de los 12 días de emergidas las larvas. San José, Costa Rica, 2013.

Se evaluó la eficiencia de la transformación de pupas a adultos, obteniéndose valores del 60 al 76 % durante los ciclos Fs, F1, F2 y F3. En relación con lo anterior se observaron pupas

que contenían la mosca momificada y otras con agujeros pequeños y otros más grandes, quizás producto de los contaminantes encontrados en la cría (parasitoides, ácaros, hongos u otros)

Ciclo Biológico

En la Figura 11, se observa la duración del ciclo biológico completo de la mosca del establo obtenido bajo condiciones de laboratorio del INTA. El ciclo completo, tomando en cuenta los 10 días en que el adulto tarda en iniciar la oviposición, puede durar de 28 a 32 días según sean las condiciones de temperatura, humedad y nutrición, los adultos permanecieron vivos hasta por 28 días y ovipositaron hasta por 17 días. Foil y Hogsette (1994), indican que las hembras inician la cópula entre los días 3 y 5 después de emerger y colocan huevos dos días después siempre y cuando haya suficientes tomas de sangre para la fecundación de los huevecillos. Salem *et al.* (2012), lograron mantener la producción de hembras vivas por 24 días, ovipositando por 14 días desde el séptimo día hasta el día 20 con máximo de oviposición entre 11 y 16 días.

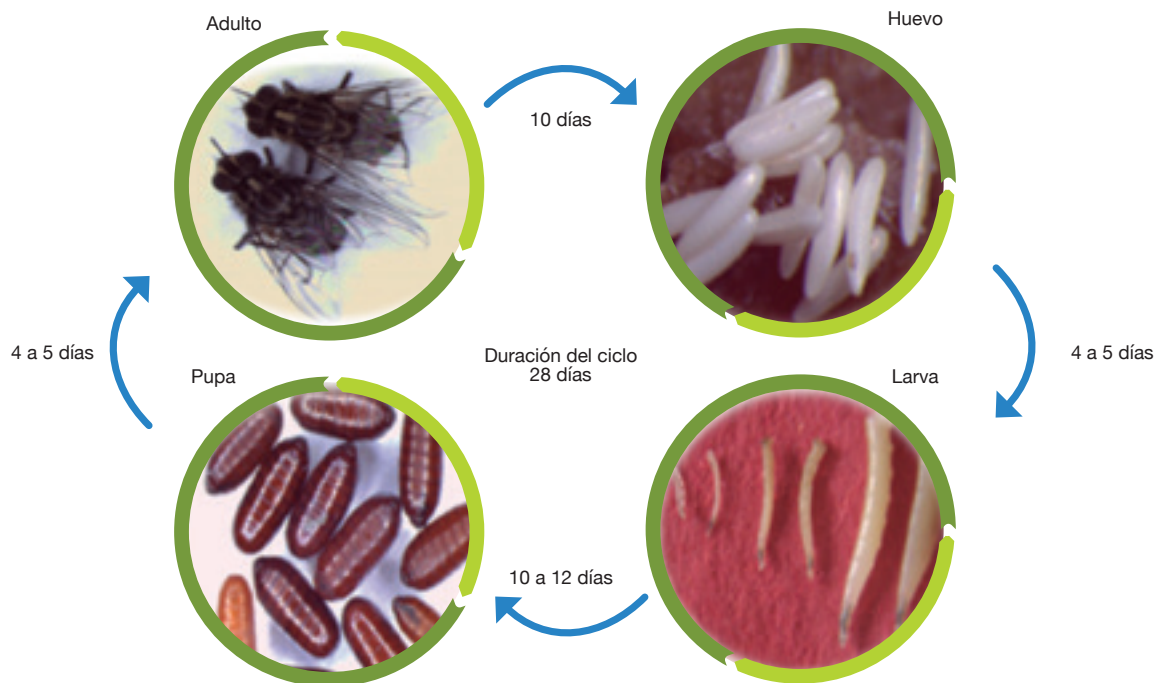


Figura 11. Ciclo de la mosca del establo en condiciones de laboratorio. San José, Costa Rica, 2013.

En la Figura 12, se muestran los períodos en días de los diferentes estadios de la mosca del establo según la fuente de alimento para larvas; con dieta (lado izquierdo) y con pinzote de plátano (lado derecho).

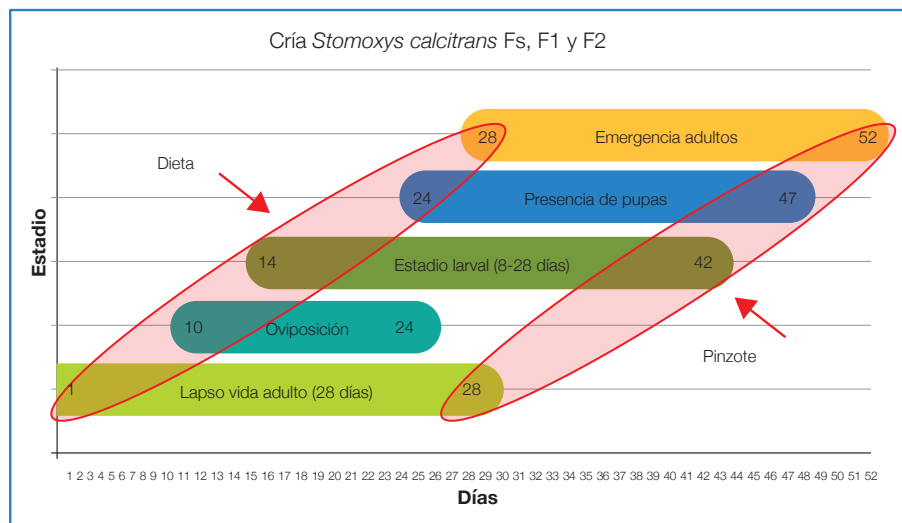


Figura 12. Periodos de los diferentes estadios de la mosca del establo en condiciones de laboratorio y su duración en días, según el tipo de alimentación de la larva. San José, Costa Rica, 2013.

Como se mencionó, el desarrollo de larvas, bajo las condiciones nutricionales a las que fueron expuestas, incidieron en gran medida en el tiempo que transcurrió desde el primer estadio hasta la formación de la pupa. Cuando se utilizó pinzote como medio de desarrollo, el período larval fue el más largo, tardándose hasta 28 días en pasar a pupa, quizás debido a que el pinzote no ofrecía suficientes nutrientes para el paso de un estadio a otro. Por lo contrario, cuando los huevos fueron colocados en una dieta a base de salvado de trigo y harina de pescado, el paso de larva a pupa fue el más rápido (10-12 días). El salvado de trigo contiene carbohidratos, vitaminas, aminoácidos, sales y ácidos grasos y la harina de pescado aporta aminoácidos, sales y otros nutrientes que pudieron favorecer un período larval más corto (Botanical sf y FUNIBER sf).

Calidad de la cría

Un sistema de cría adecuado es capaz de proporcionar un ambiente donde al menos un 75 % de los huevos resultan viables, los estadios juveniles deben tener un tamaño semejante a los encontrados en campo y los adultos puedan aparearse, poner huevos viables y reproducirse continuamente sin perder vigor o la fecundidad (Singh y Moore 1985).

Según las observaciones y los datos obtenidos se podrían utilizar los siguientes parámetros para evaluar la cría establecida en laboratorio.

- Proporción macho: hembra en una cría establecida: 1:1
- Índices frontales:
 - Machos: $0,36 \pm 0,05$
 - Hembras: $0,56 \pm 0,04$
- Longitud de adultos:
 - Machos: $5,50 \pm 0,50$ mm
 - Hembras: $5,82 \pm 0,67$ mm
- Longitud de las pupas: $5,04 \pm 0,19$ mm
- Porcentaje de emergencia de adultos: mayor al 60 %
- Días de emergencia de adultos luego de formada la pupa: 4-5
- Día de emergencia de larvas luego de la oviposición: 4-5
- Días de formación a pupas: 10-12
- Larvas sobre la dieta o la tela negra: No presentes (las larvas deben permanecer dentro y bajo la dieta)

Consideraciones finales

- No utilizar cajas de vidrio para la cría.
- Utilizar cajas de plástico para el mantenimiento de adultos o bien cajas de madera con malla antiáfidos previamente lavadas con jabón, cloro y suficiente agua. Se podrían evaluar las cajas de aluminio.
- Revisar diariamente las cajas de cría de adultos y larvas y cerrar cualquier abertura que permita la entrada de otros insectos que contaminan la cría.
- Colocar malla antiáfidos en las ventanas del cuarto de cría a fin de evitar el ingreso de otros insectos que afecten el proceso.
- Utilizar sangre fresca para la alimentación. No se debe utilizar sangre de más de 2 semanas en refrigeración.
- En caso de que se deteriore la calidad de la cría, se podría evaluar la introducción de moscas silvestres cada tres ciclos en laboratorio, a fin de mantener la calidad genética de la cría.
- Se observó en los diferentes ciclos, que los primeros adultos en emerger son machos en su mayoría. Esta observación debe ser validada.
- Evaluar otras fuentes nutricionales a las indicadas en este estudio.
- Evaluar la viabilidad de pupas a diferentes temperaturas de refrigeración y congelación.

AGRADECIMIENTO

A los médicos veterinarios y técnicos del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) que laboran en el matadero El Arreo en San Antonio de Belén, los cuales sangraron regularmente el

ganado y facilitaron la sangre para el estudio. A los doctores David Taylor y Paul Hanson por las identificaciones de los insectos contaminantes encontrados en la cría.

LITERATURA CITADA

Ashrafi, S. 1964. The cultivation and nutritional requirements of *Stomoxys calcitrans*. Bulletin of the World Health Organization. 31(4):519-520.

Bakri G 1959. Massenzucht der Stechfliege, *Stomoxys calcitrans* (L) in Laboratorium—S. angew. Zool. 46:491-494.

Berkebile, D; Thomas, G; Campell, J. 1994. Overwintering of stable flies (Diptera: Muscidae) in Southeastern Nebraska. Journal of Economic Entomology. 87(6):1555-1563.

Berkebile, A; Weinhold, P; Taylor, D. 2009. A new method for collecting clean stable fly (Diptera: Muscidae) pupae of known age Southwestern Entomologist. 34(4):469-476.

Botanical. sf. Propiedades del salvado de trigo (en línea). Barcelona, España. Consultado el 2 de mayo del 2014. Disponible en <http://www.botanical-online.com/salvadodetrigo.htm>.

Campau, E; Baker G; Morrison, F. 1953. Rearing stable fly for laboratory tests. Journal of economic entomology. 46:524.

Campbell, J; Skoda, S; Berkebile, D; Boxler, R; Thomas, D; Adams, D; Davis, R. 2001. Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) on weight gain of grazing yearling cattle. Journal of Economic Entomology. 94(3):780-783.

Champlain, R; Fisk, F; Dowdy, A. 1954. Some improvements in rearing stable flies. Journal of Economic Entomology. 47(5):940-941.

- Dos Pinos. sf. Leches en Polvo (en línea). Consultado el 3 de mayo del 2014. Disponible en http://www.dospinos.com/app/cms/www/index.php?parent_pk_categoria=1&pk_categoria=20&id_menu=133.
- Doty, AE. 1937. Convenient method of rearing the stable fly. *Journal of Economic Entomology* 30(2):367-369.
- Fisher, T; Bellows, T; Caltagirone, L; Dahlsten, D; Huffaker, C; Gordh, G. 1999. Handbook of biological control: principles and applications of biological control. Academic Press. p:25-197.
- FUNIBER (Fundación Universitaria Iberoamericana). Sf. Composición nutricional. Harina de pescado (en línea). Consultado el 2 de mayo del 2014. Disponible en <http://composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-PESCADO-5>
- Foil, L; Hogsette, J. 1994. Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Revue scientifique et technique. International office of epizootics.* 13(4):1125-1158.
- Gilles, J; David, J; Duvallet, G. 2005. Effects of temperature on the rate of increase of *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* (Diptera: Muscidae) from La Reunion Island. *Journal of Medical Entomology.* 42(6):959-965.
- Gilles, J; David, J; Duvallet, G; De la Rocque, S; Tillard, E. 2007. Efficiency of traps for *Stomoxys calcitrans* and *Stomoxys niger niger* on Reunion Island. *Medical and Veterinary Entomology.* 21(1):65-69.
- Gilles, J; David, J; Lecomte, P; Tillard, E. 2008. Relationships between chemical properties of larval media and development of two *Stomoxys* species (Diptera: Muscidae) from Reunion Island. *Environmental Entomology.* 37(1):45-50.
- Hargett, L; Goulding, R. 1962. Rearing the Horn fly, *Haematobia irritans*. *Journal Economic Entomology.* 55(4): 565-566.
- Harwood, R; James, M. 1979. Entomology and human animal health. McMillan. New York. 548 p.
- Herrera, M; Montes-Pico, L; Hernández, R. 1994. Abundancia relativa de *Stomoxys calcitrans* (L) (Diptera: Muscidae) en seis localidades del Pacífico Sur de Costa Rica. *Biología Tropical.* 39(2):309-310.
- Justin, T. 2008. Management and characterization of stable fly larval habitats at round hay bale feeding sites in Pastures. 2008. Tesis PhD. Kansas State University. 109 p.
- Martínez, M; Lumaret, J. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana.* 45(1):57-68.
- Masmeathip, R; Ketavan, C; Duvallet, G. 2006. Morphological studies of *Stomoxys* spp. (Diptera: Muscidae) in central Thailand. *Kasetsart Journal. Natural Sciences.* 40:872-881.
- Parr, H. 1959. Studies on *Stomoxys calcitrans* (L) in Uganda, East Africa. I. Method of rearing large numbers of *Stomoxys calcitrans*. *Bulletin. Entomology Research.* 50(1):165-169.
- Rodríguez, A P. 2007. *Stomoxys calcitrans*: Establecimiento de colonia e efecito de *Metarhizium anisopliae* sobre seus estágios imaturos. Tesis Mestre enm Ciencias, Instituto de Veterinaria Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 52 p.
- Salem, A. 2012. *Stomoxys calcitrans* (L): morphologie, biologie, rôle vecteur et moyens de lute. Thèse Doctorat. Universidad Toulouse. Francia. 149 p.
- Salem, A; Franc, M; Jaquiet, M; Bouhsira, E; Lienard, E. 2012. Parasite. Feeding and breeding aspects of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) under laboratory conditions. *Parasite.* 19(4):309-317.
- Schmidt, C; Harris, R; Hoffman, R. 1967. Mass rearing of the horn fly, *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) in the laboratory. *Annals of the Entomological Society of America.* 60(3):508-510.
- Schmidt, C; Harris, R; Hoffman, R. 1968. New techniques for rearing horn flies at Kerrville. *Annals of the Entomological Society of America* 61(4):1045-1046.

Scholl, P. 1986. Field populations of *Stomoxys calcitrans* (L) in Eastern Nebraska. Southwest Entomology. 11(3):155-160.

Singh, P; Moore, R. 1985. Handbook of insect rearing. Vol II. Elsevier Science. p. 153-155.

Solórzano, J; Tevino, J; Hidalgo, E; Gómez, Y; Blanco, H; Apuy, M; González, L; Meneses, D. 2013. Recomendaciones para el manejo de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* en el cultivo de la piña. San José, Costa Rica, MAG. 32 p.

Taylor, D; Berkebile, D. 2006. Comparative efficiency of six stable fly (Diptera: Muscidae) Traps. Faculty publications. Entomology Department. University of Nebraska. Lincoln Nebraska. Journal of Economic Entomology. 90(4):1414-1419.

Zumpt, F. 1973. The Stomoxyne biting flies of the World (Diptera: Muscidae). Taxonomy, biology, economic importance and control measures. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag 175 p.

HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ NORMAL Y QPM EN REGIONES MAICERAS DE COSTA RICA

Nevio Bonilla Morales¹

RESUMEN

Híbridos experimentales de maíz (*Zea mays* L.) normal y QPM en las regiones maiceras de Costa Rica. Con el fin de determinar el comportamiento agronómico, rendimiento y adaptabilidad se evaluaron diecinueve híbridos experimentales de grano blanco y quince híbridos de grano amarillo, en las localidades de El Águila, El Progreso y Veracruz de Pérez Zeledón; Concepción de Pilas y Changuena de Buenos Aires, El Amparo y San Jorge de Los Chiles y Pueblo Nuevo de Upala. Las evaluaciones consideraron características como rendimiento, tolerancia a plagas y enfermedades de importancia económica y desempeño bajo diferentes condiciones agroecológicas (suelos, temperatura y precipitación). Se realizó un análisis AMMI y SREG para todas las variables con significancia estadística a fin de determinar la naturaleza de la interacción genotipo x ambiente (gxa). Los resultados obtenidos indican efectos significativos de localidad y genotipo, así como en la interacción gxa en ambos tipos de análisis. Los componentes principales del análisis explicaron un 80,0 y 88,2 % de la variabilidad asociada a la interacción gxa, por lo tanto el gráfico biplot refleja adecuadamente el patrón de la interacción. Los híbridos más estables fueron CLWN201/CLRCW105, (CLQRCWQ26)/(CLQRCWQ10) y (CML502)/(CML491) de acuerdo con el biplot AMMI. Las localidades El Progreso, San Jorge y Upala interactuaron favorablemente con los híbridos según el biplot SREG siendo los genotipos más estables CLWN201/CLRCW105, CML495/CLWN201 y CLWN208/CML494 en dichas localidades. Las localidades Changuena, Concepción y Veracruz interactuaron desfavorablemente con los híbridos. Los híbridos CLWN216/CLWN201 y CLWN214/CLWN201 mostraron el mayor rendimiento (6,4 y 6,1 t/ha respectivamente) superando a los testigos en 65,4; 76,8; 57,6 y 68,5 % respectivamente. Los testigos 3086 y 5GP21 mostraron el menor rendimiento (3,87 y 3,62 t/ha respectivamente). Los híbridos más estables fueron seleccionados para la siguiente etapa de evaluación. La dinámica entre rendimiento y pudrición de mazorca evidencia que los valores altos de pudrición coinciden con valores altos de rendimiento para cada híbrido, evidenciando poco efecto de la pudrición sobre el rendimiento.

Palabras clave: *Zea mays*, genotipo, ambiente, AMMI, SREG.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. nbonilla@inta.go.cr. Sede Central del MAG. Sabana Sur.

INTRODUCCIÓN

El maíz es una fuente de almidón pero su contenido de proteína es más bajo que el de otros cereales. Entre las clases de maíz, el amarillo es el más nutritivo por su alto contenido de vitamina A. El maíz de alta calidad de proteína (QPM) tiene un alto contenido de lisina y triptófano que son aminoácidos esenciales (Paliwal y Granados 2001).

La liberación de híbridos modernos de maíz, tolerantes a factores adversos, bióticos y abióticos, contribuirá a reducir las pérdidas poscosecha. Un adecuado entendimiento de los aspectos fisiológicos correlacionados con el rendimiento y la incorporación de índices de selección más eficientes en las metodologías de mejoramiento para ambientes adversos, han mejorado las técnicas de selección (Córdova *et al.* 2002).

En el maíz existen cuatro clases de proteínas: globulina, albúmina, prolamina (zeína) y glutelina. La zeína es una proteína de pobre calidad y constituye más de la mitad del contenido de proteína del maíz normal. El gen *opaco-2* disminuye el contenido de zeína en el grano hasta en un 50 % y aumenta los niveles de lisina y triptófano. El maíz con alta calidad de proteínas también denominado QPM, por sus siglas en inglés (Quality Protein Maize) es portador del gen *opaco-2*, es decir son ricos en lisina y triptófano, contando con el doble de unidades que los maíces normales (Krivanek *et al.* 2007).

A partir de los años 1970, los fitomejoradores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, apoyados por el laboratorio de bioquímica de esa institución, continuaron mejorando las características agronómicas y nutricionales de estos maíces. En los primeros años de la década de los 90 presentaron al mundo científico variedades de maíz con alta calidad nutritiva, altos rendimientos, humedad normal en el grano y aspecto de grano duro normal (no harinoso). Para 1996, el maíz *opaco-2* había sido modificado a lo que se podría llamar un maíz tipo “normal” en todas sus características, excepto por el valor nutricional de su proteína. Actualmente estos nuevos materiales son considerados como una de las estrategias para mitigar la desnutrición en zonas de pobreza y alta desnutrición (Gordon *et al.* 2010, Córdova *et al.*

2002, Paliwal y Granados 2001, Bonilla 2005, Yan y Hunt 2002b, Yan y Rajcan 2002, Yan 2001).

El análisis de varianza y regresión conjunta, es una metodología empleada ampliamente para explicar la interacción genotipo x ambiente (gxa). Las técnicas multivariadas también han sido utilizadas para estudiar los efectos de la interacción gxa; por ejemplo el análisis de componentes principales (PCA), análisis de coordenadas principales y análisis de clúster (Crossa 1990). El desarrollo del modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativa), que integra análisis de varianza y de componentes principales (Castañón *et al.* 2000, Yang *et al.* 2000), ha mostrado su eficiencia para explicar una proporción de la suma de cuadrados de la interacción, superior a la obtenida con el análisis de varianza y regresión conjunta (Gauch y Zobel 1988, Yan *et al.* 2000, Yang *et al.* 2009, Crossa 1990, Crossa *et al.* 1990, Crossa *et al.* 1991, Crossa *et al.* 2002, Leem y Johnson 2005).

En este sentido, resulta de vital importancia definir el concepto de estabilidad con que se trabaja, esto sin tomar en cuenta la metodología empleada para estimar la interacción gxa Becker (1981), Lin *et al.* (1986), Becker y León (1988), definen conceptos de estabilidad fenotípica que se complementan desde el punto de vista estadístico, biológico y agronómico.

Existen numerosos ejemplos de la utilización de las metodologías mencionadas aplicadas a evaluaciones de la interacción gxa, de manera que se determinan los genotipos más estables y los ambientes más discriminantes (Bonilla 2005, Gordon *et al.* 2006, Gordon *et al.* 2010, Camargo *et al.* 2003).

La evaluación experimental de maíz híbrido en relación con a las variedades de polinización libre (V.P.L.) ha recibido mayor atención por parte de los fitomejoradores del área mesoamericana en la búsqueda de alternativas para aumentar la producción de maíz, particularmente en ambientes favorables (Córdova *et al.* 2002). En la región mencionada se ha determinado que los programas nacionales de maíz, han desarrollado en sus propios países proyectos de mejoramiento,

con el fin de generar variedades e híbridos con mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas (Cordova *et al.* 2002).

Se atribuye la baja productividad del maíz en los trópicos a factores como el alto régimen de precipitación, temperatura y humedad relativa, además de los días cortos, un período de crecimiento más breve, la baja intensidad de radiación por la nubosidad y altas temperaturas nocturnas. Esto es de particular intensidad en los ambientes marginales. Existe una información científica reducida en las regiones del trópico en cuanto al mejoramiento genético del maíz, a diferencia del volumen de información imperante en zonas templadas.

Además la investigación en maíz en el trópico se ha iniciado más tarde, ha tenido un proceso más lento, los recursos y facilidades han sido limitados y finalmente que la base genética estrecha con que se ha trabajado ha limitado a los diferentes programas nacionales (Paliwal y Granados 2001).

La ciencia y la tecnología constituyen la brecha más importante entre la pobreza y la prosperidad. Durante el último cuarto de siglo, la introducción de prácticas tecnológicas basadas en la ciencia, han ayudado a muchos países en desarrollo a alcanzar una relación favorable entre la producción de alimentos y el crecimiento de la población (Córdova *et al.* 2002).

En Centroamérica y el Caribe el mejoramiento genético del maíz ha contribuido a la liberación de aproximadamente 150 cultivares que han sido multiplicados y distribuidos por una industria de semillas dinámica y progresista. Estos cultivares, asociados con prácticas agronómicas apropiadas, han permitido aumentar la productividad del maíz en la región, lo que ha representado el incremento del rendimiento en un 60 % aproximadamente, siendo este aspecto más significativo en países como El Salvador y Guatemala que duplicaron los rendimientos y mejoraron el autoabastecimiento de maíz (Córdova *et al.* 2002, Bonilla 2012).

El uso de germoplasma mejorado es una opción para evaluar la producción y productividad del cultivo; sin embargo, el éxito depende

de la capacidad de adaptación de los genotipos a diferentes ambientes, por lo que se hace necesario hacer evaluaciones en diferentes localidades y años (Quemé y Fuentes 1992).

El manejo agronómico es el complemento indispensable para el buen desarrollo o comportamiento de un cultivo. La evaluación de los genotipos en el tiempo y el espacio es una condición indispensable para estimar objetivamente su auténtico potencial agronómico y de rendimiento. Un material nuevo además de adaptarse a una localidad determinada, este debe superar a los ya existentes, para justificar la sustitución de estos y la introducción de aquellos (Castañón *et al.* 1994).

El rendimiento (producción de grano seco por unidad de superficie) es la característica más importante en la mejora de maíz, así mismo es el objetivo más complejo con que tiene que trabajar el mejorador ya que está determinado por la expresión e interacción de numerosos genes que afectan todos los procesos vitales de la planta. La adaptación es una característica igualmente compleja dado que considera muchas y diferentes respuestas de la planta (Ordás 1995).

En cuanto al mejoramiento de la calidad proteínica se menciona que igualmente este carácter constituye un sistema complejo por lo que se requiere de procesos elaborados para llegar a obtener éxito en generar materiales con las características requeridas al respecto (Bonilla 2012).

La interacción gxa es la expresión diferencial a lo largo de los ambientes, así mismo esta reduce la asociación entre los valores fenotípicos y genotípicos y pueden causar que las selecciones provenientes de un ambiente se comporten pobremente en otro, forzando a los fitomejoradores a examinar la adaptación genotípica. Es importante medir la interacción gxa para determinar una estrategia de mejoramiento adecuada para liberar genotipos con la adaptación acorde a los ambientes de interés (Brizuela *et al.* 1992, Yan y Tinker 2005, Yan y Tinker 2006, Yan *et al.* 2007, Bonilla 2012).

El objetivo fue seleccionar nuevos híbridos de maíz de grano blanco y amarillo que en etapa experimental presenten rendimientos no menores de 4 t/ha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

En los experimentos de híbridos de grano blanco, se utilizó un diseño de alfa látice 3x7 con tres repeticiones y siete sub-bloques compuestos de tres híbridos cada uno. En total se contó con diecinueve híbridos experimentales y dos testigos locales (3086 y 5GP21) (Cuadro 1). Los experimentos de híbridos de grano amarillo estuvieron bajo un diseño alfa látice 3x6 con tres repeticiones y 6 sub-bloques compuestos de tres híbridos cada uno. En total se contó con quince híbridos experimentales y tres testigos locales (3041, HR-Oro y HR-960) (Cuadro 2). A continuación se presentan la lista de los tratamientos (genotipos) que fueron evaluados en las diferentes localidades y períodos de evaluación:

Cuadro 1. Híbridos tropicales de madurez tardía y grano blanco normal y QPM. Costa Rica. 2011-2014.

Entrada	Origen	Genealogía
1	CLQRCWQ131/CLQRCWQ10	AF10A-212-1/2
2	CLQRCWQ26/CLQRCWQ10	AF10A-212-3/4
3	CML503/CML491	AF10A-212-5/6
4	CLWN206/CLWN201	AF10A-212-7/8
5	CLRCW87/CML494	AF10A-212-9/10
6	CLRCW106/CLWN201	AF10A-212-11/12
7	CLWN202/CLWN201	AF10A-212-13/14
8	CLWN216/CLWN201	AF10A-212-15/16
9	CLWN214/CLWN201	AF10A-212-17/18
10	CLRCW105/CLWN201	AF10A-212-19/20
11	CML494/CML495	AF10A-212-21/22
12	CLQRCWQ48/CLQRCWQ83	AF10A-212-23/24
13	CLQRCWQ26/CML491	AF10A-212-25/26
14	CLWQ219/CLQRCWQ10	AF10A-212-27/28
15	CLQRCWQ116/CLQRCWQ83	AF10A-212-29/30
16	CLQRCWQ118/CLQRCWQ10	AF10A-212-31/32
17	CLWQ220/CLQRCWQ10	AF10A-212-33/34
18	CLQRCWQ10/CML491	AF10A-212-35/36
19	CLQRCWQ123/CLQRCWQ83	AF10A-212-37/38
20	Testigo Local 1	3086
21	Testigo Local 2	5GP21

Cuadro 2. Híbridos tropicales de madurez tardía y grano amarillo normal y QPM. Costa Rica. 2011-2014.

Entrada	Origen	Genealogía
1	CL02450Q/CML161	CL02450Q/CML161
2	CL02720/CLRCY016	CLQRCYQ59/ CLQ-RCYQ49
3	CL02720/CL02450	CLQ-RCYQ70/CML161
4	CML451/CLRCY017	CLQRCYQ59/CML161
5	CLRCY039/CLRCY017	CLQ-RCYQ71/ CLQ-RCYQ49
6	CLRCY045/CLRCY017	CML451Q/CL02450Q
7	CML451/CL02450	CML161/CML165
8	CLQRCYQ59/ CLQ-RCYQ49	CL02720/CLRCY017
9	CLQ-RCYQ70/CML161	CLYN205/CLRCY017
10	CLQRCYQ59/CML161	CL02720/CLRCY016
11	CLQ-RCYQ71/ CLQ-RCYQ49	CL02720/CL02450
12	CML451Q/CL02450Q	CML451/CLRCY017
13	CML161/CML165	CLRCY039/CLRCY017
14	CL02720/CLRCY017	CLRCY045/CLRCY017
15	CLYN205/CLRCY017	CML451/CL02450
16	Testigo Local 1	3041
17	Testigo Local 2	HR Oro

Para los experimentos de grano blanco las localidades consideradas fueron El Águila, El Progreso, Concepción, Changuena y Veracruz en la Región Brunca así como Upala, San Jorge, El Parque, El Amparo de la Región Huetar Norte.

Para los experimentos de híbridos de grano amarillo las localidades consideradas fueron Concepción y El Águila de la Región Brunca; así como El Amparo de la Región Huetar Norte.

Descripción de la unidad experimental

Cada parcela consta de cuatro surcos de 5 m de largo y separados a 0,75 m y 0,50 m entre plantas. Se sembraron tres semillas por golpe, y se raleó a dos plantas a los 22 días después de la siembra. La parcela útil consistió de 7,5 m². La densidad de siembra fue de 53 333 plantas/hectárea.

Se sembraron tres parcelas por material, con 132 semillas por cada material para un total de 3300 semillas en cada experimento, siendo cuatro experimentos, para un total final de 13 200 semillas. Aproximadamente, por peso serían 6 kg de semilla.

Variables y métodos de evaluación

Comportamiento agronómico

1. Número de plantas emergidas (dato de observación, cuando amerite).
2. Días a floración masculina.
3. Días a floración femenina.
4. Altura de planta.
5. Altura de mazorca.

6. Cobertura de mazorca.
7. Aspecto de mazorca.
8. Acame de raíz.
9. Acame de tallo.

Problemas de plagas y enfermedades

1. Número de mazorcas podridas.
2. Enfermedades de follaje.
3. Daño ocasionado por *Stenocarpella maydis* (incidencia y severidad).

Rendimiento

1. Número total de mazorcas.
2. Número total de plantas.
3. Peso de campo.
4. Relación grano/mazorca.
5. Rendimiento de grano al 14 % humedad.

Forma de analizar los datos

Análisis de varianza de cada variable por localidad, utilizando la prueba de rango múltiple de DMS al 0,05 de probabilidad, además, se efectuó un análisis combinado para todos los experimentos, incluyendo aquellas localidades que muestren homogeneidad en las varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimentos de híbridos de grano blanco

El análisis de varianza para cada localidad individual señala que se presentaron diferencias significativas en cuanto a las variables rendimiento, pudrición de mazorca, relación altura mazorca/planta, relación-mazorcas/planta, aspecto de mazorca, altura de planta y altura de mazorca para la localidad de El Águila de Pejibaye. En las localidades del cantón de Los Chiles, a saber El Amparo y El Parque, este análisis determinó diferencias significativas para las variables aspecto

de mazorca y daño de la enfermedad tizón foliar causado por *Helminthosporium turcicum* en El Amparo. En El Parque, las diferencias fueron para las variables rendimiento y altura de planta.

El análisis combinado de localidades indica diferencias significativas para los factores localidad, híbrido, no así para el factor localidad*híbrido. En este sentido, la localidad de El Águila mostró el mayor rendimiento (6,9 t/ha) y El Progreso el menor rendimiento (2,83 t/ha) siendo esto una diferencia de 59,0 %. El híbrido 8 (CLWN216/CLWN201)

(6,44 t/ha) superó a los testigos 13 (3086) y 14 (5GP21) en 41 y 44,1 % (3,8 y 3,6 t/ha respectivamente) (Cuadro 3). El análisis de componentes principales asigna un 57,1 % para el primer eje y 80,1 % para el segundo eje lo que indica un aporte significativo de la interacción gxa a la variabilidad de los datos de acuerdo con el análisis AMMI (Yan *et al.* 2000, Yan 2001, Yan y Hunt 2002b, Yan y Rajcan 2002, Yan 2001).

La localidad de Veracruz presentó la menor pudrición de mazorca (6,9 %) y la localidad de Upala el mayor porcentaje de pudrición (94,4 %) lo que indicaría que la segunda localidad presentó las condiciones más favorables de ambiente para la expresión de la enfermedad probablemente en cuanto a inóculo inicial, temperatura y humedad relativa.

Cuadro 3. Rendimiento (t/ha) y pudrición de mazorca (%) para el análisis combinado de experimentos de 21 híbridos tropicales experimentales y comerciales de grano blanco. Región Brunca y Huetar Norte. 2011-2014.

LOCALIDAD	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
El Águila	6,91 a	8,37 c
El Parque	3,88 c	11,80 b
El Amparo	5,39 b	8,29 c
El Progreso	2,83 d	12,81 b
San Jorge	3,34 c	9,92 c
Veracruz	5,83 b	6,95 d
Concepción	3,96 c	12,31 b
Changuena	5,50 b	11,55 b
Upala	3,63 c	94,42 a

HÍBRIDO	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
1. CLQRCWQ131/CLQRCWQ10	5,76 c	9,95
2. CLQRCWQ26/CLQRCWQ10	5,89 b	6,97
3. CML503/CML491	5,58 d	11,04
4. CLWN206/CLWN201	5,78 c	3,63
5. CLRCW87/CML494	4,83 f	9,67
6. CLRCW106/CLWN201	5,84 c	9,15
7. CLWN202/CLWN201	5,79 c	7,42
8. CLWN216/CLWN201	6,44 a	13,85

HÍBRIDO	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
9. CLWN214/CLWN201	6,11 b	7,93
10. CLRCW105/CLWN201	5,96 b	7,65
11. CML494/CML495	5,20 e	7,79
12. CLQRCWQ48/CLQRCWQ83	5,29 e	13,03
13. 3086	3,87 f	14,31
14. 5GP21	3,62 f	10,04
15. CLQRCWQ26/CML491	5,49 e	6,98
16. CLWQ219/CLQRCWQ10	5,88 c	8,61
17. CLQRCWQ116/CLQRCWQ83	5,87 c	6,02
18. CLQRCWQ118/CLQRCWQ10	4,51 f	13,58
19. CLWQ220/CLQRCWQ10	4,55 f	7,35
20. CLQRCWQ10/CML491	5,45 e	12,45
21. CLQRCWQ123/CLQRCWQ83	5,57 d	11,82

Los resultados obtenidos en El Águila indican que los híbridos con mayores rendimientos fueron CLQRCWQ10/CML491 CLWN216/CLWN201 y CLWN214/CLWN201 (9,14; 9,05 y 8,49 t/ha, respectivamente). Estos híbridos superaron a los testigos 5GP21 y 3086 en 31,8 y 39,7; 31,2 y 39,1; 26,6 y 35,1 % respectivamente, presentando rendimientos de 6,23 y 5,51 t/ha. Los híbridos CLWN206/CLWN201, CLQRCWQ116/CLQRCWQ83 y el testigo 5GP21 mostraron los menores porcentajes de pudrición de mazorca. En la Figura 1 se presenta la relación entre las variables rendimiento y pudrición de mazorca para los híbridos evaluados. La dinámica de la figura muestra una relación importante de destacar entre rendimiento y pudrición de mazorca para los híbridos, ya que en términos generales los valores altos de pudrición no se relacionan con valores bajos de rendimiento para cada híbrido, evidenciando poco efecto de la pudrición de mazorca sobre el rendimiento, al menos para las condiciones en las que se desarrolló el experimento. Esto no se cumple para los híbridos 12 (CLQRCWQ48/CLQRCWQ83) y 5 (CLRCW87/CML494) donde la relación es aparentemente opuesta.

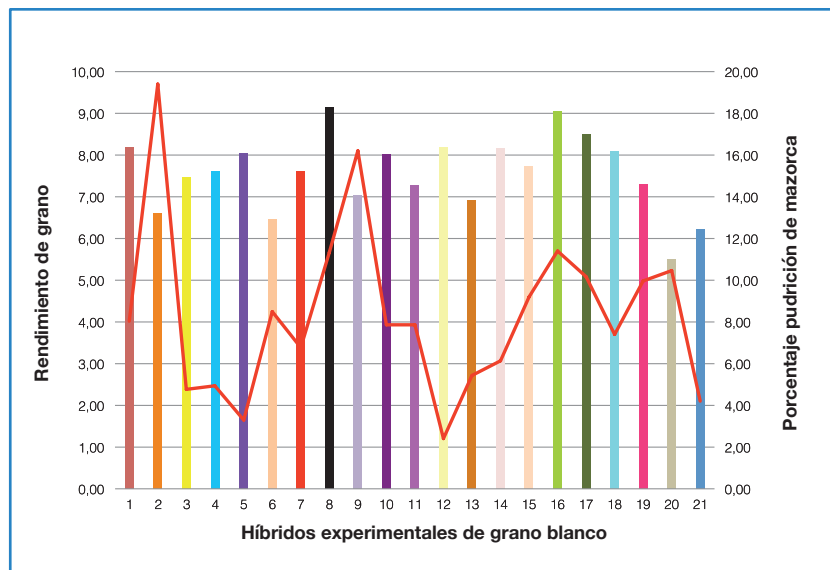


Figura 1. Relación entre rendimiento de grano (t/ha) y pudrición de mazorca (%) para 21 híbridos experimentales de maíz de grano blanco. El Águila, Pejibaye, Pérez Zeledón, 2011.

En el experimento del Amparo de Los Chiles, los híbridos que presentaron los mayores rendimientos fueron CML503/CML491, CLRCW105/CLWN201 (7,02 y 6,88 t/ha respectivamente). Los híbridos 3086 (testigo local 1) y AF10A-212-15/16 mostraron los menores rendimientos 4,85 y 4,74 t/ha, siendo superados por los primeros en 32,5 y 30,9; 31,1 y 29,5 %. Los híbridos CLWN206/CLWN201 y CLQRCWQ26/CLQRCWQ10 mostraron los

menores porcentajes de pudrición de mazorca (5,2 y 6,0 % respectivamente).

De manera particular, el híbrido 11 (CML494/CML495) presentó el mayor rendimiento y la mayor pudrición de mazorca (Figura 2), esto implica que no existe una relación opuesta entre ambas variables, como si se presenta con los híbridos 8 (CLWN216/CLWN201) y el 20 (testigo local 1). Para los otros híbridos existe una tendencia similar al híbrido 11.

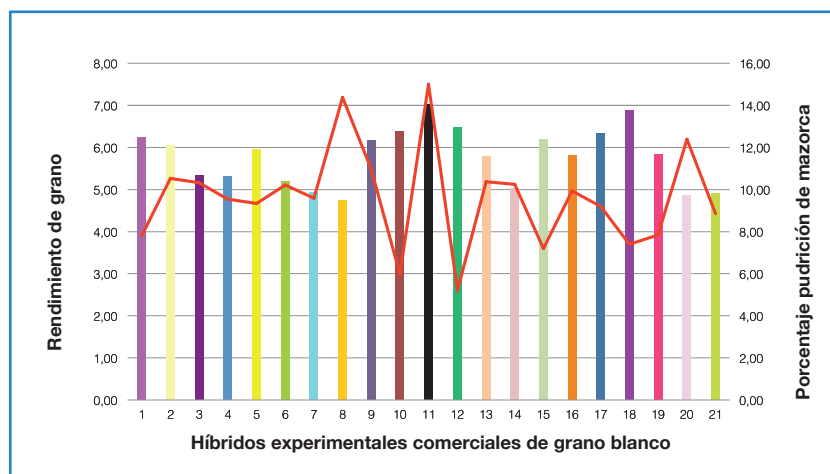


Figura 2. Relación entre rendimiento de grano (t/ha) y pudrición de mazorca (%) para 21 híbridos experimentales de maíz de grano blanco. El Amparo, Los Chiles, Alajuela. 2011.

Los híbridos CLRCW106/CLWN201, CLWQ219/CLQRCWQ10 y CLWN216/CLWN201 en la localidad de El Parque de Los Chiles mostraron los mayores rendimientos (5,85, 5,66 y 5,65 t/ha respectivamente) y los híbridos CLWQ220/CLQRCWQ10, CLQRCWQ118/CLQRCWQ10 y 3086 (testigo local 2) presentaron los menores rendimientos (3,0, 2,8 y 1,2 t/ha) siendo superados por los primeros en 48,7, 52,1 y 79,5; 46,9, 50,5 y 78,8; 46,9, 50,4 y 78,7 %, respectivamente. Los híbridos CLWN214/CLWN201 y CLQRCWQ26/CML491 mostraron

los menores porcentajes de pudrición de mazorca (7,7 y 7,8 % respectivamente).

Así mismo, se valoró la relación entre las variables rendimiento y pudrición de mazorca para los híbridos evaluados (Figura 3). En los híbridos 6 (CLWN106/CLWN201) y el 20 (testigo local 1), se nota una aparente relación opuesta entre ambas variables, que no se presenta con los otros híbridos en términos generales. Es decir para los híbridos mencionados el rendimiento si se ve afectado por la pudrición de mazorca.

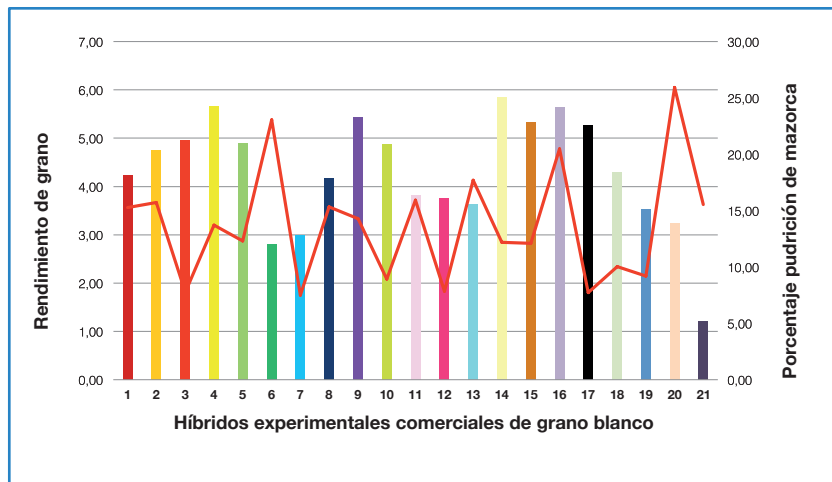


Figura 3. Relación entre rendimiento de grano (t/ha) y pudrición de mazorca (%) para 21 híbridos experimentales de maíz de grano blanco. El Parque, Los Chiles. 2011.

Se elaboró el gráfico tipo Biplot sobre el comportamiento de los híbridos y las localidades evaluadas mediante análisis AMMI y SREG (Figuras 4 y 5) donde se muestran los híbridos más estables y la interacción de estos con las

localidades. Ambos análisis explican la variabilidad de los datos en un 80,03 y 88,22 % respectivamente, lo cual implica una alta confiabilidad de los mismos. Los híbridos más estables fueron 8, 6, 3 y 9.

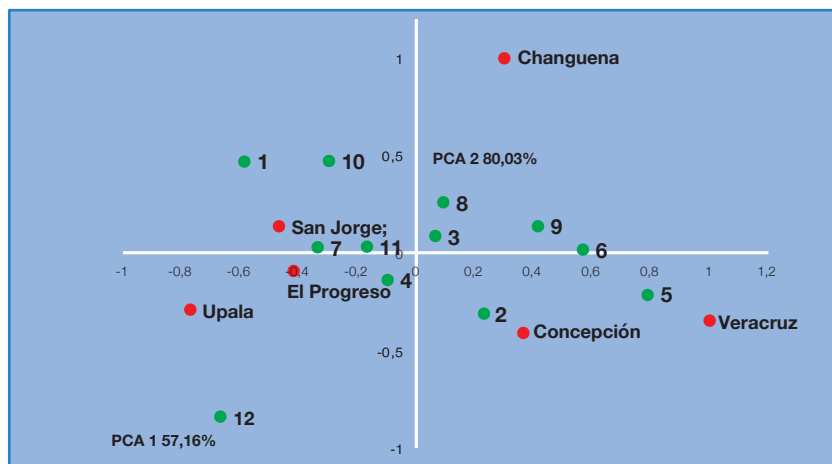


Figura 4. Biplot AMMI. Híbridos tardíos de grano blanco. Costa Rica, 2012.

Así mismo los híbridos 10 y 11 presentaron las interacciones más positivas, es decir se adaptan mejor a ambientes favorables donde expresan su máximo potencial de rendimiento. Las localidades de Concepción de Pilas, Veracruz y Changuena

mostraron las condiciones más contrastantes para los híbridos evaluados y las localidades El Progreso, San Jorge y Upala las condiciones más favorables para el desempeño de los híbridos (Figura 5).

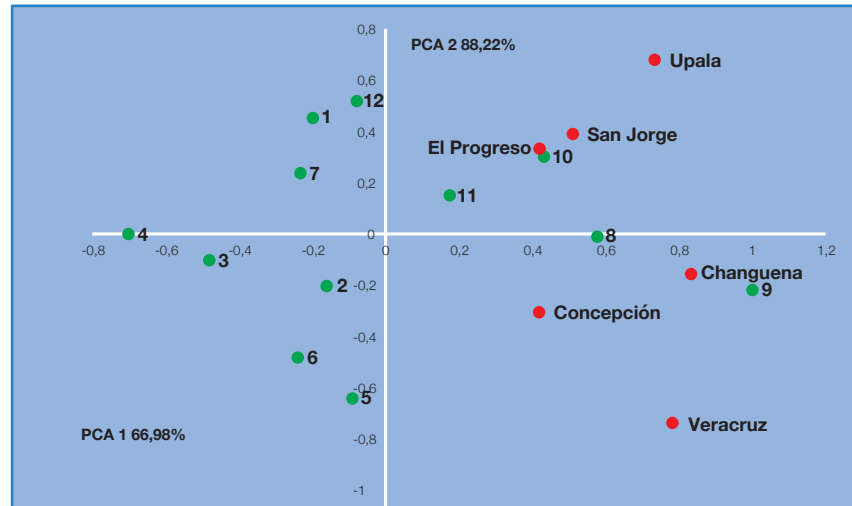


Figura 5. Biplot SREG. Híbridos tardíos, Grano Blanco. Costa Rica, 2012.

De acuerdo a Gordón *et al.* 2006, Yan *et al.* 2000, Gordón *et al.* 2010, Yan *et al.* 2005 y Yang *et al.* 2009, al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales, se forma un polígono con los cultivares que quedan en la parte externa de la figura (Yan y Hunt 2002a, Yan y Hunt 2002b).

Experimentos de híbridos de grano amarillo

El análisis de varianza detectó diferencias significativas para las variables rendimiento, número de mazorcas/planta y aspecto de mazorca en la localidad de El Águila. Para la localidad Concepción de Pilas las variables pudrición de mazorca, relación altura de mazorca/planta y relación de número de mazorcas/planta presentaron diferencias significativas. En la localidad de El Amparo, se presentaron diferencias significativas para las variables rendimiento, pudrición de mazorca, aspecto de mazorca, altura de planta y mazorca.

El análisis combinado de localidades indicó significancia para los factores localidad e híbrido, así como para la interacción localidad*híbrido. La localidad de El Águila presentó el mayor rendimiento (7,48 t/ha) seguido de Concepción de Pilas con 6,0 t/ha y finalmente El Amparo (4,8 t/ha). La localidad de Concepción presentó el mayor porcentaje de pudrición de mazorca (27,1 %) de igual forma El Águila mostró el menor porcentaje de pudrición (3,75 %) (Cuadro 4). Los híbridos CL02720/CLRCY017 y CLRCY039/CLRCY017 presentaron los mayores rendimientos (7,05 y 7,01 t/ha) superando a los testigos 3041, HR Oro y HR 960 y en un rango de 12 a 23 %, respectivamente. En el experimento de El Águila se determinó que los híbridos CL02450Q/CML161, CL02720/CLRCY017, CLYN205/CLRCY017 y CLRCY039/CLRCY017 presentaron los mayores rendimientos con respecto a los otros híbridos, superando a los testigos 3041 y HR ORO en 34,4; 30,7; 29,5; 22,98 % con respecto al primer testigo y 72,4; 67,6; 66,1 y 57,7 % en cuanto al segundo testigo.

Los resultados obtenidos con los híbridos tropicales de madurez tardía evaluados indican que para la localidad de Changuena, Buenos Aires no se presentaron diferencias significativas entre híbridos para las variables consideradas. En Concepción de Pilas si se determinaron diferencias significativas entre híbridos, siendo el híbrido CL02720/CLRCY017 el que presentó el mayor rendimiento (4,45 t/ha) y el menor porcentaje de pudrición de mazorca (7,4 %). El híbrido CLQRCYQ59/CML161 presentó la mejor cobertura de mazorca (6,4 %).

Cuadro 4. Rendimiento (t/ha) y pudrición de mazorca (%) para el análisis combinado de experimentos de 18 híbridos tropicales experimentales y comerciales de grano amarillo. Región Brunca y Huetar Norte. 2011-2014.

LOCALIDAD	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
Concepción	6,03 b	27,10 a
El Águila	7,48 a	3,75 c
El Amparo	4,85 c	9,66 b

HÍBRIDO	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
1 CL02450Q/CML161	6,60 d	14,72 c
2 CL02720/CLRCY016	6,70 c	8,63 c
3 CL02720/CL02450	5,48 f	15,16 c
4 CML451/CLRCY017	6,29 e	15,18 c
5 CLRCY039/CLRCY017	7,01 a	6,23 c
6 CLRCY045/CLRCY017	6,86 b	11,22 c

HÍBRIDO	RENDIMIENTO (t/ha)	PUDRICIÓN DE MAZORCA (%)
7 CML451/CL02450	5,25 f	14,98 c
8 3041	6,20 e	12,06 c
9 HR Oro	5,44 f	10,03 c
10 HR 960	5,85 f	9,88 c
11 CLQRCYQ59/CLQ-RCYQ49	5,46 f	19,34 c
12 CLQ-RCYQ70/CML161	5,75 f	16,54 c
13 CLQRCYQ59/CML161	5,85 f	12,75 c
14 CLQ-RCYQ71/CLQ-RCYQ49	6,17 f	10,77 c
15 CML451Q/CL02450Q	5,59 f	24,36 b
16 CML161/CML165	6,05 f	26,94 a
17 CL02720/CLRCY017	7,05 a	7,43 c
18 CLYN205/CLRCY017	6,60 d	6,89 c

La evaluación de germoplasma bajo diferentes condiciones de producción del cultivo de maíz, en este caso en finca de agricultor, ofrece la ventaja de seleccionar germoplasma valorando más adecuadamente el potencial de rendimiento, la tolerancia a plagas y enfermedades y la adaptación en general, bajo un esquema de mejoramiento genético que enfatiza en la estabilidad de los genotipos.

La obtención de ambientes contrastantes (localidades) es de suma importancia para un programa de mejoramiento genético lo que influye mucho en las decisiones que se pueden tomar para evaluar más eficientemente las pruebas de híbridos.

LITERATURA CITADA

Becker, H. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30(3):835-840.

Becker, H; León, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101:1-23.

Bonilla, N. 2005. Análisis de estabilidad de cultivos de maíz (*Zea mays* L.) en ambientes de Costa Rica. *Alcances Tecnológicos* 3(1):63-71.

Bonilla, N. 2012. Análisis de estabilidad de híbridos experimentales de maíz con alta calidad de proteína. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):289-299.

Brizuela, L; Dubón, T; Campos, P; Reyes, R. 1992. Evaluación de variedades sintéticas de maíz (*Zea mays* L.) en once ambientes de Centro América. In: *Síntesis de Resultados Experimentales*

- de 1991. CIMMYT-PRM. Bolaños, J; Sainz, G; Urbina, R; Barreto, H. eds. p. 43-58.
- Camargo, I; Gordon, R; Fuentes, M. 2003. Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos en comparación al testigo regional HB-83,1998-2000. *Agronomía Mesoamericana*. 14(2):129-134.
- Castañón, G; Zetina, R; Arano, R; Raygoza, B. 2000. El Ammi y Clúster en la selección de los mejores híbridos experimentales de maíz. *Agronomía mesoamericana*. 11(1):71-76.
- Córdova, H; Castellanos, S; Barreto, H; Bolaños, J. 2002. Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: Logros y Estrategias hacia el 2000. *Agronomía Mesoamericana*. 13(1):73-84.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multi location trials. *Advances in agronomy*. 44:55-85.
- Crossa, J; Gauch, H; Zobel, R. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*. 30:493-500.
- Crossa, J; Fox, P; Pfeiffer, W; Rajaram, S; Gauch, H. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical Applied Genetics*. 81:27-37.
- Crossa, J; Cornelius, P; Yan, W. 2002. Biplots of Linear-Bilinear Models for Studying Crossover-Genotype Environment Interaction. *Crop Science*. 42:619-633.
- Gauch, H; Zobel, R. 1988. Predictive and post-ictive success of statistical analysis of yield trials. *Theoretical Applied Genetics*. 76:1-10.
- Gordón-Mendoza, R; Camargo-Buitrago, I; Franco-Barrera, J; González-Saavedra, A. 2006. Adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 17(2):189-199.
- Gordón-Mendoza, R; Franco-Barrera, J; Camargo-Buitrago, I. 2010. Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1):11-20.
- Krivanek, A; De Groote, H; Gunaratna, N; Diallo, A; Friesen, D. 2007. Breeding and disseminating quality protein maize (QPM) for Africa. *African Journal of Biotechnology*. 6(4):312-324.
- Lee, E; Johnson, D. 2005. AMMI Macros for Multiplicative Interaction Models, Advanced Micro Devices Inc., Sunnyvale, CA, Kansas State University, Manhattan, KS. Paper 049-31. SUGI 31. Coders' Corner. 10 p.
- Lin, C; Binns, MR; Lefkovitch, L. 1986. Stability Analysis: where do we stand? *Crop Sci*. 26(5):894-900.
- Ordás, A. 1995. Mejora Genética del Maíz. Curso Superior de Mejora Genética Vegetal. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos. 25 p.
- Paliwal, R; Granados, G. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 376 p.
- Quemé, J; Fuentes, R. 1992. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en diferentes ambientes de México, Centro América y El Caribe y Venezuela. In: Síntesis de Resultados Experimentales 1991. Programa Regional de Maíz (PRM). 283 p.
- Yang, R; Crossa, J; Cornelius, P; Burgueno, J. 2009. Biplot Analysis of Genotype × Environment Interaction: Proceed with Caution. *Crop Sci*. 49:1564-1576.
- Yan, W; Hunt, L; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci*. 40:597-605.
- Yan, W. 2001. GGEbiplot--a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 93(5):1111-1118.
- Yang, W; Hunt, L 2002a. Biplot Analysis of Multi-environmental Trial Data. In: Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Edited by M S Kang, Louisiana State University, USA. CABI Publishing, CAB International. p. 289-303.
- Yan, W; Hunt, L. 2002b. Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*. 42(1):21-30.

Yan, W; Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* 42:11-20.

Yan, W; Tinker, N. 2005. An integrated system of biplot analysis for displaying, interpreting, and exploring genotype by environment interactions. *Crop Science.* 45(3):1004-1016.

Yan, W; Tinker, N. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science.* 86:623-645.

Yan, W; Kang, M; Ma, B; Woods, S; Cornelius, P. 2007. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data. *Crop Science.* 47:643-653.

INDUCCIÓN DE RIZOGÉNESIS Y CRECIMIENTO FOLIAR EN ESTACAS DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*)¹

Mary García Mora², José Jiménez Castro³, Andrés Alpízar Naranjo⁴,
Esteban Jiménez Alfaro⁵, Laura Chaverri Esquivel⁶, María Isabel Camacho Cascante⁷

RESUMEN

Inducción de rizogénesis y crecimiento foliar en estacas de nacedero (*Trichanthera gigantea*). El estudio se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, en Barva de Heredia. Se extrajo semilla vegetativa de una plantación de nacedero establecida hace ocho años y con 575 días de rebrote. Las ramas se dividieron en tres secciones: basal, medial y apical, y de cada sección se extrajeron estacas de 40 cm de largo, con al menos tres nudos. Posteriormente, se trataron con cuatro concentraciones de ácido indol butírico (AIB) (0, 2500, 5000, 7500 ppm). Las estacas extraídas de la parte basal de la rama mostraron un 20,4 % más de brote total (rizogénesis y crecimiento vegetativo) en comparación con las estacas provenientes de la sección medial, y un 32,6 % más que las ubicadas en la parte apical. La estimulación con AIB sobre la brotación total de yemas y raíces mostró que la dosis aplicada con 2500 ppm, fue 10 % mayor en comparación con las estacas no tratadas con AIB en la generación de brotes tanto foliares como radiculares.

Palabras clave: Ácido indol butírico, brotación, reproducción asexual.

- 1 Resultados obtenidos por el primer autor en su Práctica Profesional Supervisada (PPS) para optar por el grado de Bachiller en Agronomía.
- 2 Estudiante. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. maryyou17@gmail.com. Sede Central de la UNA, Heredia.
- 3 Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. jose.jimenez.castro@una.cr. Sede Central de la UNA, Heredia.
- 4 Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. okandrescr@gmail.com. Sede Central de la UNA, Heredia.
- 5 Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. estbjal@gmail.com. Sede Central de la UNA, Heredia.
- 6 Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. laurachaverri@yahoo.com. Sede Central de la UNA, Heredia.
- 7 Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. mcamacho517@yahoo.es. Sede Central de la UNA, Heredia.

INTRODUCCIÓN

El nacedero pertenece a la familia Acanthaceae y tiene alrededor de 200 géneros y más de 2000 especies (Gómez *et al.* 2002). El género *Trichanthera* se encuentra ampliamente distribuido en los países de América Latina y ha sido frecuentemente utilizado para suplementación alimenticia del ganado bovino y en rumiantes menores (Ospina 2002). Las ventajas que otorga el nacedero como fuente de forraje son su adaptabilidad a varias regiones ganaderas, su digestibilidad aceptable, el elevado contenido de proteína y la buena aceptación por parte de bovinos, caprinos, ovinos, porcinos y aves de producción familiar campesina (Bernal 1994).

La germinación por semilla sexual es de aproximadamente 2 % (Parent 1989), por lo que la forma más común de propagación es de forma asexual, donde se utiliza material vegetativo de 20 cm de longitud, entre 2,2 a 2,8 cm de diámetro y con al menos tres nudos (Gómez *et al.* 2002). La gran capacidad que muestra el nacedero para regenerar tejidos a partir de estacas, compensa la baja capacidad de propagación a partir de semilla sexual, lo cual se observa usualmente al formarse plantas nuevas cuando los tallos maduros alcanzan el suelo.

Las plántulas pueden ser producidas en vivero sembrando las estacas en bolsas con al menos 1 kg de tierra o sustrato, lo que permite un mejor desarrollo de las raíces. El medio ideal para

la propagación asexual debe mantener condiciones de humedad y aireación para el desarrollo radicular, además de servir de anclaje firme una vez que la plántula crece. Para el llenado de las bolsas se puede utilizar una mezcla de arena, tierra y abono orgánico en relación 3:3:1 (Gómez *et al.* 2002).

A pesar de que muchas especies vegetales presentan naturalmente mecanismos de reproducción vegetativa, es posible que mediante intervención humana se hagan más eficientes y se generen nuevos tipos de multiplicación. Además, el éxito de la propagación vegetativa depende de factores como el tipo de especie que se quiere reproducir, el método de reproducción vegetativa que se emplee, las características fisiológicas del material a multiplicar, el genotipo y la metodología de manejo utilizada durante el proceso de propagación (Rodríguez *et al.* 2002). En la práctica del estacado, se pueden utilizar sustancias como el ácido indol butírico (AIB) para estimular el proceso de enraizado, lo que favorece la formación de raíces adventicias.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue conocer el efecto de la sección de la estaca usada como fuente de semilla asexual, así como la concentración del AIB como estimulante en la capacidad de rizogénesis y crecimiento foliar de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, ubicada en Santa Lucía de Barva de Heredia. La finca se encuentra a una altura de 1266 msnm, con latitud 10° 01' N, longitud 84°06' O y con una precipitación promedio anual de 2394,7 mm. Las temperaturas máximas y mínimas son 25,2 y 15,2 °C

respectivamente. Presenta una humedad relativa media del 79 % y un promedio de brillo solar anual de 6,1 h/día (IMN 2014).

Para la extracción de la semilla vegetativa, se seleccionó una plantación de 558 m², con alrededor de ocho años de establecida y 575 días de rebrote desde la última corta. Se podaron todas las plantas

del lote, seleccionando ramas con similar apariencia, vigor y largo. Se extrajeron estacas de tres posiciones de la rama (basal, medial y apical), con al menos tres yemas vegetativas con un promedio de 40 cm de largo cada estaca. Las hojas se desprendieron de la rama protegiendo las yemas.

Para la siembra, se prepararon 900 kg de tierra con la adición de cascarilla de arroz y aserrín. Una vez mezclados, se aplicó fungicida en polvo humectable con Carboxín como ingrediente activo por medio de aspersión con bomba de espalda y realizando volteos para cubrir la totalidad del material y así, evitar propagación de algún tipo de agente patógeno. Se llenaron 900 bolsas para almacigo de 6 x 8" con un kilogramo de tierra cada una aproximadamente. El grosor de cada tipo de estacas se homogenizó para evitar tamaños distintos siendo de la misma sección de la rama (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de AIB en yema basal. Heredia, Costa Rica. 2014.

Posterior a la siembra, las estacas se colocaron bajo techo y se les proporcionó riego por aspersión diariamente durante los primeros 15 días. Los días restantes se regó cada día de por medio, para evitar crear un ambiente con exceso de humedad.

La siembra se efectuó siguiendo un diseño irrestricto al azar con dos factores. Los dos factores estudiados fueron: ubicaciones de la estaca en la rama: basal, medial y apical; y concentraciones de AIB: 0, 2500, 5000 y 7500 ppm; disuelto en una solución de 50 % de alcohol etílico y 50 % de agua. A la yema de la parte basal de cada estaca, se le aplicó la solución AIB correspondientemente. Cada tratamiento estuvo formado por tres repeticiones de cada sección de la rama con 25 estacas cada una. Se emplearon un total de 900 estacas.

En la unidad de observación se evaluó el número de estacas con brotes radiculares y foliares. Se tomó como brote radicular aquella protuberancia basal de al menos 0,5 cm de largo. En el caso del brote foliar se designó como aquella yema desarrollada de al menos 1 cm de largo. Con base en ello, se clasificó en cuatro categorías: estacas que mostraron únicamente brote radicular, estacas con presencia únicamente de brotes foliares, estacas con brotes radicales y foliares simultáneamente; por último, estacas sin brotes radicales ni foliares. Las observaciones recolectadas fueron analizadas con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics v22, de acuerdo a la siguiente ecuación estadística:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + (PC)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = variable de respuesta

μ = media general

P_i = nivel de factor P
(ubicación de la estaca) $i=1, 2, 3$

C_j = nivel de factor C
(concentración de AIB) $j=1, 2, 3, 4$

$(PC)_{ij}$ = interacción

e_{ijk} = error experimental

El análisis entre tratamientos se realizó utilizando la Comparación de Proporciones Múltiples (Chi-Cuadrado) con una significancia de $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la sección de la estaca utilizada sobre la rizogénesis y crecimiento vegetativo

El prendimiento máximo se observó a los 41 días possiembra y la evaluación final se realizó a los 53 días posteriores a la siembra. Al cabo de 21 días de la siembra, se observaron los primeros brotes foliares, lo que concuerda con estudios realizados por Gómez *et al.* (2002). Por otro lado, este mismo autor reporta a los 48 días possiembra, un porcentaje de supervivencia del 86 %. Contrariamente, en el presente estudio se obtuvo un 47,5 % de supervivencia, lo que representa

la mitad del material en observación. Aspectos relacionados a la humedad, incidencia de luz y/o presencia de bacterias patógenas podrían haber influenciado las pérdidas de las estacas. Giraldo y Polanco (2009), reportaron problemas de pudrición por efecto de exceso de humedad en estacas de nacedero, cuadro similar al que se observó en este ensayo.

En el Cuadro 1, se presentan los porcentajes de brotes radiculares y foliares de las estacas con diferente origen en la rama de nacedero y a diferentes concentraciones de AIB.

Cuadro 1. Efecto de factores independientes (tipo de estaca y concentración de AIB) en la brotación foliar y radicular de las estacas de nacedero (*T. gigantea*). Finca Experimental Santa Lucía. Heredia, Costa Rica. 2014.

Ubicación en la rama	Solo brote foliar (%)	Solo brote radicular (%)	Brote foliar y radicular (%)	Sin ningún brote (%)	Brote total (%)
Apical	1,3 a	14,6 a	16,6 a	67,5 a	32,5
Medial	1,3 a	6,0 b	37,3 b	55,3 b	44,7
Basal	0,7 a	5,0 b	59,4 c	34,9 c	65,1
Dosis de AIB (ppm)					
0	2,2 a	8,0 a	38,2 ab	51,6 a	48,4
2500	0,4 a	11,9 a	46,5 b	41,2 b	58,8
5000	0,9 a	7,6 a	35,9 a	55,6 ac	44,4
7500	0,9 a	6,6 a	30,1 a	62,4 c	37,6

a, b, c: marca diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre tratamientos (filas).

De acuerdo con los resultados, se infiere que la brotación respondió favorablemente en aquellas estacas extraídas de la parte basal de la rama, donde se observaron mayor porcentaje de brotes foliares y radiculares simultáneamente ($p \leq 0,05$). De acuerdo con Hartmann y Kester (2001), la posición dentro de la planta de donde se obtiene la estaca, bien sea apical o basal, ocasiona variación en la producción de raíces, ya que en muchos casos, el mayor porcentaje de enraizamiento se logra con estacas procedentes de la porción basal de la rama. En los tallos leñosos, los carbohidratos se acumulan en la base de las ramas y promueven

la aparición de algunos brotes, influenciadas por sustancias promotoras de las yemas y hojas.

Resultados similares determinaron Boschini y Rodríguez (2002), en un cultivo de morera (*Morus alba*) donde utilizaron de la misma manera, estacas extraídas de las tres partes de la rama con mejores rendimientos de germinación en la parte basal. Por su parte, Ruiz y Mesén (2010), mostraron la superioridad de las estaquillas basales en cuanto a número de raíces y emisión de rebrotes en estacas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.).

Al observar los factores de manera independiente los porcentajes más altos de estacas sin ningún brote se dan en la sección apical de la rama con un 67,5 % ($p \leq 0,05$). Este comportamiento se ajusta a un modelo típico de enraizamiento en estaquillas suculentas, el cual supone al menos dos fases en el proceso de enraizamiento las cuales son la iniciación y el crecimiento. Al parecer, los requerimientos asociados con la fase de iniciación no son los mismos que los asociados con el crecimiento de las raíces. De acuerdo con investigaciones realizadas por Ruiz y Mesén (2010), la iniciación de primordios radiculares es controlada hormonalmente, y no se ve influenciada grandemente por excesos o deficiencias de nutrientes. Así mismo, en este ensayo las estaquillas apicales, presentaron el mayor porcentaje de mortalidad frente a las demás, debido a la mayor suculencia de esta ubicación de la rama y a una mayor tendencia a la marchitez (Ruiz y Mesén 2010).

Sin embargo, en las estacas que contaban únicamente con brote radicular, se evidenció que

aunque el número de individuos con esta característica no fue muy amplio, la sección apical obtuvo significativamente mayor brote solamente radicular (14,6 %) ($p \leq 0,05$) en comparación con la sección medial y basal. En ocasiones, las estacas que producen un mejor enraizamiento provienen de material joven o nuevo de la periferia de la planta donde se produce mayor contenido de auxina en tejidos y por lo tanto, mayor síntesis de ácido indol acético (AIA) (Hernández y Almeida 2010). En este sitio de la planta, se encuentran las enzimas necesarias para la conversión del triptófano en AIA (Azcón-Bieto y Talón 2013, Salisbury y Ross 2000).

En cuanto al porcentaje de brotes foliares, no se encontraron diferencias significativas entre la ubicación de la rama. En términos generales, la mayor germinación total (tanto foliar, radicular y ambos) ocurrió en estacas de la porción basal, con un 65,1 %, mientras que las brotaciones en las estacas apicales y mediales fueron de 32,5 y 44,7 % respectivamente (Figura 2).



Figura 2. Brote foliar en estaca de nacedero. Heredia, Costa Rica. 2014.

Evaluación del efecto de la concentración de AIB sobre la rizogénesis y crecimiento vegetativo

La aplicación de AIB como hormona de crecimiento para estimular la rizogénesis, aplicado en una concentración de 2500 ppm a las distintas secciones de la rama, disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) las estacas sin ningún brote, en comparación con las demás concentraciones y el control (0 ppm). La mayor habilidad del enraizamiento en los tallos tratados con AIB está relacionada con el incremento de la actividad cambial y del aumento del tejido parenquimático de mayor actividad metabólica en el tallo, circunstancia que pudo incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento (Laskowski y Bautista 1999).

De las cuatro dosis utilizadas en el presente estudio, se obtuvo el mayor porcentaje de brotes radiculares y foliares a una concentración de 2500 ppm, en comparación de las demás dosis aplicadas, sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) con el control. Las dosis de AIB no presentaron diferencias significativas en la brotación foliar ni en el radicular. No obstante, las diferencias observadas pueden ser atribuibles a que una acumulación excesiva de auxinas que inhiben la rizogénesis, por efecto tóxico para la estaca (Oberschelp y Marcó 2010).

En un estudio realizado por Sánchez *et al.* (2009), se encontró que estacas de guayabo (*Psidium guajava* L.) presentaron una disminución de rizogénesis y cantidad de brotes vegetativos, en la medida que se incrementó la concentración del regulador de crecimiento AIB. Los resultados obtenidos por Hernández y Almeida (2010), en magnolia (*Magnolia grandiflora* L.) permiten recomendar que para la propagación de este material vegetativo, se deben realizar acodos aéreos, con la aplicación de AIB, a una concentración de 200 ppm y no a concentraciones mayores. A pesar de lo anterior, la concentración de AIB a 2500 ppm disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) el porcentaje de pérdida, en comparación con las demás concentraciones.

Evaluación del efecto de la interacción entre la sección de la estaca y concentración de AIB sobre la capacidad de rizogénesis y crecimiento foliar

De acuerdo con los resultados, no existe interacción entre la porción apical con las diferentes dosis de AIB, sobre el brote foliar, radicular y la presencia de ambos brotes simultáneamente. Las interacciones entre tratamientos se observan en el Cuadro 2.

Las estacas de la parte medial no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) sobre la cantidad de brotes foliares con respecto a las diferentes concentraciones de AIB. Sobre el brote radicular no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de AIB y el grupo control. La cantidad de brotes foliares y radiculares de las estacas mediales tratadas con 2500 ppm de AIB, fue significativamente mayor ($p \leq 0,05$) a las tratadas con 5000 y 7500 ppm; sin embargo, no mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) al control. Además, las estacas mediales tratadas con 2500 ppm disminuyeron significativamente la proporción de estacas que no brotaron con relación con las tratadas con 5000 y 7500 ppm.

Respecto a las estacas de la porción basal, no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el brote foliar y el brote radicular sometidas a las diferentes concentraciones de AIB. Así mismo, las diferentes concentraciones de AIB no ejercieron un efecto significativo ($p \leq 0,05$) sobre las estacas que no brotaron en comparación al control. No se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las concentraciones de 2500 y 5000 ppm sobre ambas brotaciones (foliar y radicular) en comparación al control; mientras que las tratadas con 7500 ppm fueron significativamente menores al control.

Los resultados del presente estudio, mostraron que la sección basal de estacas de nacedero responde mejor a la generación de ambos brotes (foliar y radicular), y puede aumentarse tras la aplicación de AIB a una concentración de 2500 ppm.

Cuadro 2. Efecto del tipo de estaca de nacedero (*T. gigantea*) y la concentración de AIB sobre la brotación foliar y radicular. Finca Experimental Santa Lucía, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 2014.

Ubicación de la rama en la estaca	Brotación (%)	Concentración AIB			
		0	2500	5000	7500
Apical	Solo brote foliar	1,3 a	0,0 a	2,7 a	1,3 a
	Solo brote radicular	12,8 a	17,3 a	16,2 a	12,0 a
	Brote foliar y radicular	14,1 a	22,7 a	14,9 a	14,7 a
	Sin ningún brote	71,8 a	60,0 a	66,2 a	72,0 a
	Brote total	28,2	40,0	33,8	28,0
Medial	Solo brote foliar	4,1 a	1,3 a	0,0 a	0,0 a
	Solo brote radicular	4,1 ab	13,0 b	2,7 a	4,0 a
	Brote foliar y radicular	47,3 a	46,8 a	27,0 b	28,0 b
	Sin ningún brote	44,6 a	39,0 a	70,3 b	68,0 b
	Brote total	55,4	61,0	29,7	32,0
Basal	Solo brote foliar	1,4 a	0,0 a	0,0 a	1,3 a
	Solo brote radicular	6,8 a	5,4 a	4,0 a	3,9 a
	Brote foliar y radicular	54,8 b	70,3 b	65,3 b	47,4 a
	Sin ningún brote	37,0 ab	24,3 b	30,7 b	47,4 a
	Brote total	63,0	75,7	69,3	52,6

a, b, c: marca diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre tratamientos (columnas).

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente al Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad

Nacional por aportar los insumos requeridos en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Azcón-Bieto, J; Talón, M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. 2 ed. España, Editorial McGraw-Hill/Interamericana. 669 p.

Bernal, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 3 ed. Colombia, Editorial Banco Ganadero. 545 p.

Boschini, C; Rodríguez, A. 2002. Inducción del crecimiento en estacas de Morera (*Morus alba*), con ácido indol butírico (AIB). Agronomía Mesoamericana. 13(1):19-24.

Giraldo, L; Ríos, H; Polanco, M. 2009. Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. Investigación Agraria y Ambiental. 41:47.

Gómez, M; Ríos, C; Murgueitio, E. 2002. Nacedero *Trichanthera gigantea* (H. et B.) Nees. In: Gómez, M; Rodríguez, L; Murgueitio, E; Ríos, C; Méndez, M; Molina, C; Molina, C; Molina, E; Molina, J. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 3 ed. Colombia, CIPAV. 147 p.

- Hartmann, H; Kester, D. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 8 ed. México, Editorial Continental. 760 p.
- Hernández, R; Almeida, J. 2010. Ensayo para el enraizamiento de acodos aéreos de *Magnolia grandiflora* L. Pittieria. 34:129-131.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR). 2014. Datos Climáticos. Estación Experimental Finca Santa Lucía de Barva. Universidad Nacional. Período 2013-2014.
- Laskowski, L; Bautista, D. 1999. Características anatómicas de raíces adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) tratadas con ácido indol-butírico. Bioagro. 11(3):88-96.
- Oberschelp, G; Marcó, M. 2010. Effect of Indole 3-Butyric Acid on adventitious rooting and height of cuttings of *Prosopis alba* (Grisebach). Quebracho. 18(1,2):112-119.
- Ospina, S. 2002. Establecimiento de la colección nacional de procedencias de *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees en siete predios institucionales y/o campesinos del suroccidente colombiano. In: Ospina, S; Murgueitio, E. eds. Tres especies vegetales promisorias: nacedero *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees, botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y bore *Alocasia macrorrhiza* (Linneo.) Schott. Cali, Colombia, CIPAV. p. 115-127.
- Parent, G. 1989. Guía de reforestación. Colombia, Editorial Sena Bucaramanga. 80 p.
- Rodríguez, J; Nieto, V. 2002. Aplicación de los métodos de estacas e injertos para la propagación vegetativa de *Cordia alliodora* (Ruiz Pavón) Oken y *Tabebuia rosea* (Bertol). Bogotá, Colombia, CONIF. 61 p.
- Ruiz, H; Mesén, F. 2010. Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L). Agronomía Costarricense. 34(2):259-267.
- Salisbury, F; Ross, C. 2000. Fisiología de las plantas. España. Editorial Paraninfo Thomson Learning. 988 p.
- Sánchez, A; Suárez, E; González, M; Amaya, Y; Colmenares, C; Ortega, J. 2009. Efecto del ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (*Psidium guajava* L.) en el municipio Baralt, Venezuela. Evaluación preliminar. UDO Agrícola. 9(1):113-120.

HONGOS NEMATÓFAGOS EN EL COMBATE DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE LECHUGA

Ricardo Piedra Naranjo¹, Cristina Vargas Chacón¹

RESUMEN

Hongos nematófagos en el combate de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de lechuga. La investigación se realizó en la localidad de Páez de la provincia de Cartago, Costa Rica durante el año 2010. El objetivo fue evaluar la eficacia biológica de dos hongos nematófagos: *Trichoderma asperellum* y *Paecilomyces lilacinus*, un tratamiento con metabolitos del hongo *Sulphureus laetiporus*, un tratamiento químico de Oxamil 24 SL y un testigo absoluto sin ninguna aplicación, contra nematodos fitoparásitos que afectan el cultivo de lechuga. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. A los 11 días después de la primera aplicación y trasplante se observó un efecto supresor de los metabolitos de *S. laetiporus* contra *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. géneros de nematodos con mayor densidad poblacional identificados previo al trasplante. El Oxamil fue eficaz únicamente contra *Meloidogyne* sp. A los 21 días todos los tratamientos demostraron eficacia contra *Meloidogyne* sp.; en caso del género *Helicotylenchus* sp. el tratamiento Oxamil 24 SL fue el que obtuvo la menor población de nematodos con diferencias significativas respecto al testigo. A los 45 días, demostraron eficacia los tratamientos *P. lilacinus*, *S. laetiporus*, y Oxamil 24 SL contra el género *Meloidogyne* sp. En cuanto al género *Helicotylenchus* sp. los tratamientos Oxamil 24 SL y *P. lilacinus* fueron los más efectivos. Se recomienda validar los tratamientos *P. lilacinus* y *S. laetiporus* en mayores áreas de siembra.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, metabolitos, control biológico.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA-Costa Rica. rpiedra@inta.go.cr, cvargas@inta.go.cr. Sede del Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur, San José.

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa*) es una planta que se cultiva generalmente para uso de su hoja como vegetal y consumo fresco como complemento de otros alimentos. Las variedades de lechuga más comunes son: de hojas sueltas llamada romana, de cabeza dura denominada repollo y la lechuga hojas blandas de nombre mantequilla. En Costa Rica es producida en forma convencional, orgánica y en hidroponía. En la provincia de Cartago existe una alta productividad de este cultivo lo cual se debe principalmente a la mayor densidad de siembra. La productividad es favorecida por las menores distancias entre eras que se emplea en la zona y por la topografía plana que presentan la mayoría de las fincas. Lo contrario sucede en el cantón de Alfaro Ruiz donde las pendientes son pronunciadas. El consumo fresco de vegetales y hortalizas demanda la producción de productos inocuos, libres de residuos de plaguicidas y contaminantes microbiológicos que puedan afectar la salud humana. Debido al efecto de las aplicaciones de plaguicidas para el combate de plagas y enfermedades de lechuga, en estudios recientes se ha determinado contaminación química. También se ha encontrado contaminantes microbiológicos como *Escherichia coli* presentes en el agua de riego y manejo post-cosecha (FONTAGRO 2010).

La lechuga, al igual que otros cultivos hortícolas presenta problemas de plagas y enfermedades en los que se incluyen los nematodos fitoparásitos. Los géneros más comunes de esos organismos patógenos que afectan este cultivo son *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. (FONTAGRO 2010). La forma convencional para el combate de nematodos fitoparásitos consiste en la aplicación de nematicidas químicos que producen problemas a los seres humanos y al medio ambiente. Una alternativa al uso de productos sintéticos es la utilización de controladores biológicos tales como hongos, bacterias y sustancias naturales que pueden estar en plantas, suelo, o elaborados en laboratorios para uso comercial (Arauz 1998). En los suelos también existen nematodos de vida libre o saprófitos, los cuales forman un componente biológico del ecosistema del suelo que equilibran controlando organismos como los mismos nematodos fitoparásitos y en otros casos

actúan como biodegradadores de nematicidas químicos (Triviño *et al.* 2008).

Las poblaciones de nematodos tienden a aumentar o a disminuir a través del tiempo y son afectadas tanto en número como en comportamiento por una serie de factores entre los que se pueden mencionar: condiciones de clima y de suelo, la fisiología de la planta, la presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nematodo. También se ven afectados por organismos del suelo que atacan los nematodos como los hongos y bacterias. Así mismo los protozoos, insectos, ácaros, virus y otros nematodos que no son fitopatógenos ejercen como depredadores que regulan las condiciones del ecosistema de los suelos (Kerry y Muller 1980, Rodríguez 1984).

Los hongos nematófagos son microorganismos con la capacidad de atacar, matar y digerir nematodos (adultos, juveniles y huevos). Aparte de su habilidad nematófaga, muchos de estos hongos pueden también vivir saprofiticamente en materia orgánica muerta, atacar a otros hongos (micoparásitos) y colonizar raíces de plantas como endófitos. Son habitantes del suelo; generalmente son más frecuentes en suelos con elevado contenido en materia orgánica. Lo anterior facilita que estos microorganismos actúen contra la mayoría de los nematodos fitopatógenos (Barron 2005).

En estudios realizados en Brasil se evaluaron en agar 20 especies de hongos aislados de raíces y suelo recolectadas en 50 localidades, como agentes de control biológico contra segundos estadios juveniles, huevos y masas de huevos de *Meloidogyne incognita*; los resultados demostraron que en los aislamientos de *P. lilacinus*, *Arthrobotrys conoides*, *A. musiformis*, *A. robusta*, *Monoacrosporium ellipsosporum*, *Dactylaria thaumasia*, *Cylindrocarpon* sp. y *Trichoderma harzianum* se obtuvo eficacia biológica (Dos Santos *et al.* 1992). En otra investigación se evaluaron *in vitro* 19 aislamientos de *P. lilacinus* de diferentes regiones de Brasil, más un aislamiento de *Cylindrocarpon destructans*, dieron como resultado efecto de colonización de huevos de *Meloidogyne javanica* en plantas de tomate, aislamientos de *Paecilomyces lilacinus* redujo

el número de agallas de *M. javanica*, también se menciona que *P. lilacinus* como un hongo que ofrece grandes ventajas como agente de control biológico, contra *Meloidogyne* spp., debido a su gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y que cuenta con un alto potencial parasítico (Freitas *et al.* 1995).

El uso de métodos alternativos, al combate químico, empleando hongos biocontroladores como *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces* sp., así como un uso adecuado de los agroquímicos en el cultivo de lechuga, evidencia que se puede producir un producto sin residuos de plaguicidas. *Trichoderma* spp. también ha demostrado eficacia biológica contra el género como *Globodera* spp. (Piedra *et al.* 2009).

Los metabolitos del hongo *S. laetiporus* han tenido éxito como protección del sistema radical de plantas hortícolas, la capacidad de producir diversos metabolitos y de adaptarse a diversas condiciones ambientales y sustratos, confiere la posibilidad de ser utilizados en la industria biotecnológica. También es usado como fuente de citoquinina y ácido gibberélico, además

presenta actividad antioxidante y anticoagulante (León 2005). El estudio de modos de acción en el proceso de selección de los aislamientos de metabolitos como controlador biológico de determinada plaga, ya se aborda como elemento clave en el manejo de la misma, aspecto que repercute en la eficacia y perdurabilidad de los aislamientos seleccionados en los sistemas productivos (Chet 1990).

La aplicación de elementos de manejo integrado, como el combate biológico, es parte de los estudios realizados con el uso de agentes o enemigos naturales de nematodos fitoparásitos y son considerados como la solución desde un punto de vista ecológico y económico (Crozzoli 1994).

Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia biológica de dos hongos nematófagos: *Trichoderma asperellun* y *Paecilomyces lilacinus*, un metabolito del hongo *Sulphureus laetiporus*, un tratamiento químico de Oxamil 24 SL y un testigo absoluto sin ninguna aplicación, contra nematodos fitoparásitos que afectan el cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

La actividad se realizó en la localidad de Páez, cantón Oreamuno provincia de Cartago, Costa Rica, durante el año 2010, en la finca de un productor comercial de lechuga y donde existía presencia de nematodos fitoparásitos. La finca se encuentra a una altura de 1453 msnm y la temperatura promedio anual fue de 20 °C. El suelo pertenece al orden de los Andisoles los cuales se caracterizan por ser: profundos, de textura franca, buen drenaje y fértiles (Bertsch 1995). Se marcaron las parcelas, se asignaron los tratamientos, se realizaron las aplicaciones y los muestreos. También se determinaron las características del agua que se utilizaría para las diluciones de los tratamientos. El agua provino de dos fuentes, una de consumo humano y otra de un pozo de la finca. En ambas fuentes se realizaron análisis para determinar el pH y para averiguar si existía *Escherichia coli*. En el primer caso el pH

puede afectar a los hongos nematófagos por su acidez y *E. coli* puede causar alguna infección al ser humano. La variedad de lechuga que se utilizó fue Boston mejor conocida como mantequilla. Esta variedad es muy susceptible al género de nematodo *Meloidogyne* sp. pero tiene muy buena aceptación por los consumidores.

Muestreos y aplicaciones

Se realizaron cuatro muestreos, el primer muestreo fue de suelo únicamente y se efectuó en las parcelas con los tratamientos asignados, antes del trasplante de la lechuga. El objetivo de este muestreo fue identificar los géneros de nematodos fitoparásitos con mayor densidad poblacional en el área experimental, antes de iniciar la investigación.

Posteriormente los eventos coincidieron (muestreo y aplicación) a los 11 y 21 días de crecimiento de las plantas y el cuarto y último muestreo se realizó a los 45 días. La primera aplicación se realizó posterior al trasplante de la lechuga, durante el mismo día, esta y las demás aplicaciones fueron a la base del tallo de las plantas. Durante la investigación los muestreos fueron de raíces con suelo, la parte aérea se desechó. Se extrajeron dos sub-muestras en cada repetición. Las muestras

extraídas se llevaron a la sección de nematología del Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA-Costa Rica). En el laboratorio, se mezcló bien y se extrajo una muestra de 100 gramos de suelo para su respectivo diagnóstico nematológico.

Tratamientos

Los tratamientos utilizados se pueden observar en el Cuadro 1. Se utilizaron dos plantas por cada repetición para un total de 10 plantas por cada muestreo.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la investigación. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamientos	Concentración	Cepas o fuentes	Dosis/parcela de 6 m ²
<i>T. asperellum</i>	6,1x10 ⁸	Carlos Durán INTA	500 g/16 litros de agua
<i>P. lilacinus</i>	5,2x10 ⁹	Fitoprotección INTA	500 g/16 litros
<i>S. laetiporus</i>	53,7 %	<i>S. laetiporus</i>	80 ml/16 litros
Oxamil (testigo relativo)	24 SL	Carbamato	48 ml/16 litros
Testigo absoluto	–	–	–

Diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones (Balzarini *et al.* 2008). La unidad experimental comprendió un área de 6 m².

VARIABLES A EVALUAR

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

- Población inicial de nematodos.
- Población de nematodos en muestreos secuenciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del muestreo inicial de suelo, identificó los géneros de nematodos fitoparásitos *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. Estos géneros son considerados de importancia por el daño directo que pueden causar por sí mismos y por la interacción que puedan hacer con otros patógenos del suelo. De igual manera

se detectaron poblaciones de nematodos saprófitos o de vida libre, los cuales son considerados con funciones benéficas al suelo y las plantas (De Lara *et al.* 2003). Estos nematodos constituyen y ejercen un equilibrio contra nematodos fitoparásitos del suelo y biodegradación de nematicidas químicos (Triviño *et al.* 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Poblaciones de nematodos encontrados en el muestreo inicial, en 100 gramos de suelo. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamientos*	Nematodos fitoparásitos		Saprophytos o de vida libre
	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.	
<i>T. asperellum</i>	410	940	1320
<i>P. lilacinus</i>	650	1030	1360
<i>S. laetiporus</i>	1360	1040	1370
Oxamil 24 SL	1660	1140	1380
Testigo absoluto	1840	1840	1840

* Plano de campo, parcelas marcadas, aún no se habían aplicado los tratamientos.

El análisis de datos obtenidos a los 11 días después del trasplante (segundo muestreo) evidenció la eficacia biológica del tratamiento *S. laetiporus* para los géneros *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. El tratamiento con Oxamil fue eficaz únicamente para el género *Meloidogyne* sp. Los tratamientos con *Trichoderma asperellum* y *P. lilacinus* no presentaron diferencia significativa respecto al testigo absoluto para ninguno de los nematodos fitopatógenos en estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de tratamientos en segundo muestreo en 100 gramos de raíz con suelo. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamientos	Nematodos fitoparásitos	
	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.
<i>T. asperellum</i>	1000 b	1200 abc
<i>P. lilacinus</i>	900 b	2200 c
<i>S. laetiporus</i>	0 a	100 a
Oxamil 24 SL	0 a	700 ab
Testigo absoluto	900 b	1600 bc

Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0,05$).

En cuanto a los resultados del tercer muestreo (21 días), el análisis indicó que el género *Meloidogyne* sp. se presentó únicamente en el testigo absoluto; es decir, en los tratamientos aplicados no se observaron poblaciones de este nematodo. En este mismo muestreo para el caso del género *Helicotylenchus* sp. el tratamiento Oxamil 24 SL, presentó la población más baja con diferencias significativas respecto al testigo absoluto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedio de nematodos en el tercer muestreo en 100 gramos de raíz con suelo. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamientos	Nematodos fitoparásitos	
	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.
<i>T. asperellum</i>	0 a	1200 ab
<i>P. lilacinus</i>	0 a	1000 ab
<i>S. laetiporus</i>	0 a	1500 ab
Oxamil 24 SL	0 a	200 a
Testigo absoluto	2600 b	1700 b

Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0,05$).

En el tercer muestreo, en el tratamiento testigo absoluto, se observaron hembras de *Meloidogyne* sp. y larvas del género *Helicotylenchus* sp. (Figura 1).

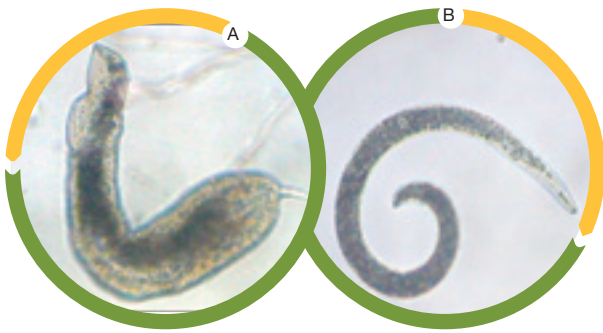


Figura 1. A: Hembra de *Meloidogyne* sp. B: Larva de *Helicotylenchus* sp. San José, Costa Rica. 2010.

Los resultados del cuarto muestreo (45 días), evidenciaron los mismos géneros fitoparásitos, los tratamientos, *P. lilacinus*, *S. laetiporus* y Oxamil 24 SL mostraron una población menor en el género *Meloidogyne* sp., lo que presenta diferencias significativas respecto al testigo absoluto. En el caso del género *Helicotylenchus* sp., los tratamientos *P. lilacinus* y Oxamil 24 SL demostraron eficacia biológica con presencia de poblaciones menores. Los tratamientos *T. asperellum* y *S. laetiporus* no presentaron diferencias significativas respecto al testigo absoluto (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio de nematodos fitoparásitos en el cuarto y último muestreo. Cartago, Costa Rica. 2010.

Tratamientos	Nematodos fitoparásitos	
	<i>Meloidogyne</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.
<i>T. asperellum</i>	2500 ab	4100 c
<i>P. lilacinus</i>	600 a	700 a
<i>S. laetiporus</i>	600 a	1400 ab
Oxamil	600 a	600 a
Testigo absoluto	3600 b	3100 bc

Letras distintas indican diferencias si gnificativas según Tukey ($p \leq 0,05$).

Los resultados de las tres fechas evaluadas, se resumen en las Figuras 2 y 3. En el caso del género *Meloidogyne* sp., sobresale una reducción notoria en los tratamientos *S. laetiporus*, *P. lilacinus* y Oxamil 24 SL, lo que demostró que fueron los mejores respecto a los demás tratamientos, mientras que *T. asperellum* presentó eficacia únicamente a los 21 días. El testigo absoluto, a los 45 días y última fecha de muestreo, obtuvo la población mayor de este género de nematodo fitoparásito.

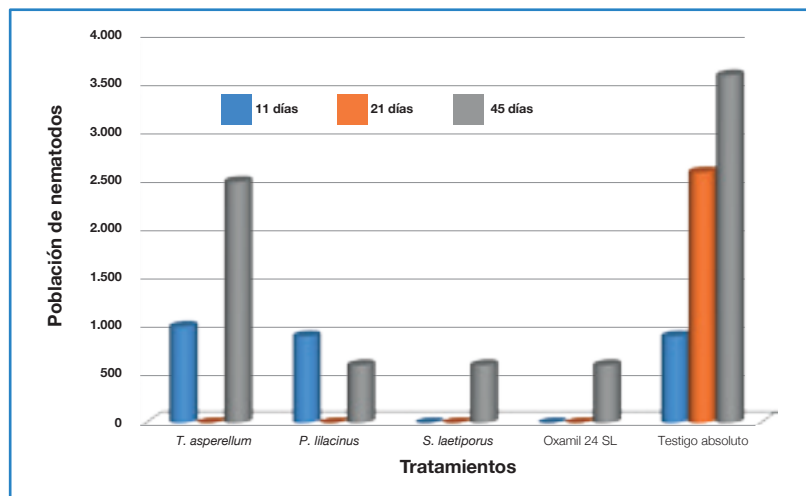


Figura 2. Efecto de la aplicación de hongos nematófagos sobre una población de *Meloidogyne* sp. en tres épocas de muestreo. Cartago, Costa Rica. 2010.

En las mismas fechas de muestreos y para el caso del género *Helicotylenchus* sp. se encontró que a los 21 y 45 días, el tratamiento Oxamil 24 SL fue el mejor; sin embargo, *P. lilacinus* evidenció eficacia a los 45 días. En general en las dos últimas fechas el Oxamil 24 SL demostró la menor población y mejor eficacia contra este género de nematodo fitoparásito (Figura 3).

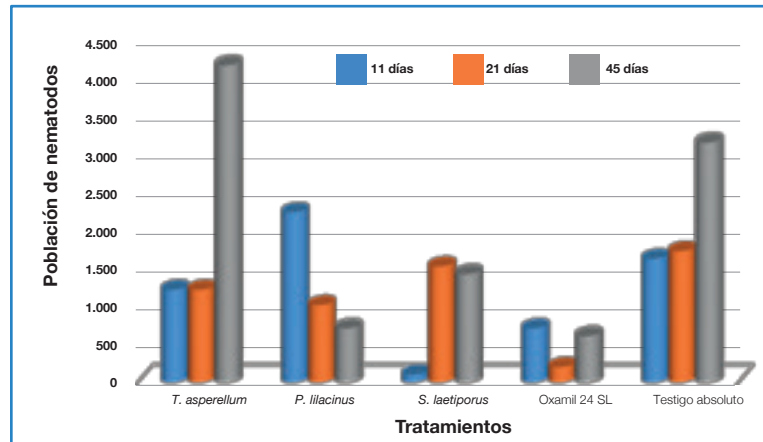


Figura 3. Efecto de la aplicación de hongos nematófagos sobre una población de *Helicotylenchus* sp. en tres épocas de muestreo. Cartago, Costa Rica. 2010

El cultivo de la lechuga posee un ciclo fenológico corto (45 días aproximadamente) por lo cual es importante la eficacia biológica en las primeras etapas de formación del cultivo, de ahí que el tratamiento con metabolitos de *S. laetiporus*, resulta promisorio en el control biológico temprano de nematodos. Los nematodos fitoparásitos encontrados en el estudio son de importancia porque además de producir daño por sí mismos, favorecen la penetración de hongos y bacterias y en muchas ocasiones el daño es difícil de controlar y cuantificar en cultivos como la lechuga.

Es importante mencionar, que en el área de siembra y en las plantas de lechuga se evidenció la presencia del hongo *S. sclerotiorum*. La afectación de éste hongo a las plantas de lechuga, puede ser favorecida por las heridas producto de la presencia tanto de *Meloidogyne* sp. como *Helicotylenchus* sp. Esta interacción entre nematodos y hongos, pueden incrementar el daño, sobre todo a los tejidos cercanos a la zona del cuello de la planta de lechuga.

Utilizar alternativas biológicas y naturales es de gran relevancia, sobre todo cuando se ha demostrado, en otros estudios, contaminación química como efectos residuales de aplicación de agroquímicos (FONTAGRO 2010). El manejo biológico de nematodos fitoparásitos es posible si se logra fomentar la utilización de hongos, bacterias y sustancias naturales que pueden estar en las

mismas plantas y/o suelos, o bien algunos que ya se comercializan en el mercado. De igual manera y según Barron (1977) la idea de usar hongos nematófagos para el control biológico de nematodos está siendo utilizada y orientado a programas de investigación con fines de buscar una sostenibilidad del agroambiente.

La eficacia biológica de los tratamientos identificados como metabolitos del hongo *S. laetiporus* y el hongo nematófago *P. lilacinus* en este estudio, demostró que pueden ser una opción más en los programas de manejo integrado de plagas asociadas a cultivos de importancia agrícola en Costa Rica. Además contribuyen a la inocuidad, dado que se pueden reducir el uso de agroquímicos. Los metabolitos del hongo *S. laetiporus* protege el sistema radical de las plantas e impide al patógeno producir daño y de esta forma aumenta la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Lo anterior confiere la posibilidad de utilizarlo en la industria biotecnológica (Chet 1990). El hongo *Paecilomyces lilacinus*, es un enemigo natural de muchos géneros de nematodos. Produce sustancias que actúan sobre los huevos y larvas, provocando deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento. Se pueden observar vacuolizaciones internas de las larvas del primer estadio, segmentación y gastrulación atípicas, o sea afectan la etapa del desarrollo embrionario, es capaz de penetrar el huevo,

crecer dentro del mismo y destruir el embrión (Obregón 2015)².

Se recomienda validar y dar seguimiento al efecto de los tratamientos *P. lilacinus* y a los metabolitos de *S. laetiporus* en mayores áreas de siembra. Se debe tomar en cuenta la importancia del análisis de calidad y concentración de los hongos benéficos a utilizar, de esta manera se puede mejorar la aplicación en campo. También a la hora de aplicar nematicidas biológicos, se deben tomar en cuenta las características del agua. En el presente estudio ambas fuentes de agua fueron apropiadas, dado que no hubo presencia de *E. coli*

en ninguna y en ambas el pH fue de 6. Además se deben tomar en otras condiciones como temperatura ambiental y humedad del suelo. Se recomienda que las aplicaciones se realicen al inicio o al final del día, cuando la temperatura es más baja. Así mismo es recomendable que el suelo esté húmedo. Estas características ocasionan una mejor adaptabilidad de los microorganismos controladores aplicados al suelo. En el caso del hongo *P. lilacinus* ofrece grandes ventajas como agente de control biológico, contra *Meloidogyne* spp., debido a su adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y alto potencial parasítico (Freitas *et al.* 1995).

LITERATURA CITADA

Arauz, F. 1998. Fitopatología: Un enfoque agroecológico. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 467 p.

Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. InfoStat: Manual del Usuario. Córdoba, Argentina. Editorial Brujas. 326 p.

Barron, L. 1977. The Nematode-Destroying Fungi. Topics In Mycobiology no.1. Canadian Biological Publications Ltd., Guelph. p. 27-140.

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 63 p.

Crozzoli, R. 1994. Temas de nematología Agrícola I. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. p. 8-9.

Chet, I. 1990. Biological control of soil-borne plant pathogens with fungal antagonists in combination with soil treatments. Bioogycal control of soil-borne plant pathogens. Wallinford, Inglaterra. CAB International. 25 p.

De Lara, R; Castro, T; Castro, J; Castro, G; Malpica, A. 2003. La importancia de los nematodos de vida libre (en línea). Consultado 12 de jun. 2015. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/nematodo.pdf>

Dos Santos, A; Ferraz, S; Muchovej, J. 1992. Evaluation of 20 Species of Fungi From Brazil for biocontrol of *Meloidogyne Incognita* Race 3. Nematropica. 22(2):183-192.

Freitas, G; Ferraz, S; Muchovej, J. 1995. Effectiveness of different isolates of *Paecilomyces lilacinus* and An isolate of *Cylindrocarpon Destructans* on the control of *Meloidogyne Javanica*. Nematropica. 25(2):109-115.

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria). 2010. Informe Técnico de inocuidad de la Lechuga. Proyecto INTA-FONTAGRO. Costa Rica. 5 p.

Kerry, B; Muller, L. 1980. Fungal parasites of some plant parasites nematodes. Nematropica. 6(1):11-12.

Piedra, R; Obregón, M; Meckbel, J. 2009. Eficacia Biológica de Hongos Nematófagos para el combate del nematodo *Globodera pallida* stoneen papa. Alcances Tecnológicos-INTA. 7(1)59-65.

Rodríguez, C. 1984. Effectiveness species of *Gliocadium*, *Paecilomyces* and *Verticillium* for control of *Meloidogyne arenaria* in field soil. Nematropica. 14(2):155-170.

Triviño, C; Navia, D; Mestaza, S. 2008. Diversidad de nematodos fitoparásitos y enemigos naturales en suelos del Litoral Ecuatoriano. In: Memoria del Congreso de suelos. Ecuador. Quito. 51 p.

2 Obregón, M. 2016. Hongo nematófago *P. lilacinus*. Laboratorios Dr. Obregón-Costa Rica. Comunicación personal.

NOTA TÉCNICA

VARIEDADES DE ARROZ ADAPTADAS A LOS SISTEMAS DE SECANO EN LADERAS

Carlos Cordero Morales¹

RESUMEN

Varietades de arroz adaptadas a los sistemas de secano en laderas. El objetivo de esta investigación fue evaluar materiales criollos e introducidos, para recomendar su posible uso en sistemas de autoconsumo en laderas con poca fertilidad. De agosto del 2013 a febrero del 2014 se analizaron agronómica y reproductivamente ocho variedades de arroz en La Gloria de Puriscal. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron las variedades: Nira Colorado, Nira Blanco, Chin Chin, Fortuna Negro, Bluebonnet, Rexoro, Fortuna Blanco e INTA 57. Los resultados mostraron que INTA 57, Chin Chin, Nira Blanco y Fortuna Blanco, con 3,9, 3,8, 3,7 y 3,3 t/ha respectivamente, alcanzaron rendimientos significativamente superiores a las demás variedades. Además se espera que Nira Blanco e INTA 57 sean aceptadas por los productores, por tener altura de planta intermedia (1,18 m y 1,06 m, consecutivamente), por ser resistentes al volcamiento o acame y por ser poco afectadas por la *Pyricularia grisea* (calificaciones menores a tres las ubica como tolerantes). Es factible alcanzar niveles altos de rendimiento empleando pocos insumos para el manejo de esta enfermedad y del complejo del manchado del grano, cuya evaluación fue de niveles bajos en todas las variedades.

Palabras clave: *Oryza sativa*, selección de materiales, autoconsumo.

INTRODUCCIÓN

En el cantón de Puriscal el cultivo de arroz se realiza fundamentalmente en laderas y depende de las lluvias, los suelos son poco fértiles y altos en acidez, la cosecha se destina al autoconsumo, los sistemas son de labranza mínima y en el proceso se emplean pocos insumos. Con el establecimiento de piladoras pequeñas de arroz se dio un auge del cultivo a partir del 2009, lo que propició demanda por variedades para autoconsumo, en siembras a espeque en cultivo de secano en laderas (Cordero 2011 y 2012).

En los sistemas se utilizan variedades tales como: Chin Chin, Rexoro, Bluebonnet, Nira Blanco y Nira Colorado; mencionan los productores problemas por ciclos largos, facilidad de volcamiento y en algunas de ellas susceptibilidad a enfermedades (Tinoco y Hernández 1999).

A nivel regional se introdujeron materiales como Chin Chin e INTA Miravalles (Cordero 2011), a nivel nacional Tinoco y Hernández (1999) reportan la evaluación de Orizica Turipana, Chin Chin

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. ccordero@inta.go.cr. Sede del Ministerio de Agricultura y Ganadería en la Dirección Central Sur. Puriscal, San José.

y la línea CR 2182 en la zona sur del país en el año 1995.

Más recientemente Vargas (2005) informó que la variedad INTA Miravalles se considera tolerante a las enfermedades y es altamente productiva, pero su calidad culinaria no es del todo aceptada porque el grano tiene bajo contenido de amilosa lo que disminuye su calidad. En cambio variedades como Rexoro y Bluebonnet, son aceptadas por la calidad molinera de su grano, sin embargo, son difíciles de producir por ser poco tolerantes a enfermedades como *Pyricularia grisea* y tienden a volcarse.

La ratificación del Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (Ley 8539), propicia el establecimiento de pruebas en las que se alternan variedades criollas y mejoradas. Lo anterior contribuye a conservar la diversidad biológica y las variedades criollas, porque se aumenta la variación interespecífica que puede estar a disposición de los agricultores, esto es, particularmente importante para los productores que generan y utilizan sus propias variedades y aplican principios ecológicos (Asamblea Legislativa 2006, Guimaraes 2003).

Las experiencias generadas previamente con el análisis de variedades sembradas a espeque sirvieron de base para establecer una investigación en la que se pretendió evaluar el comportamiento de las variedades que en años anteriores (Cordero 2011 y 2012) presentaron la mejor conducta en su respuesta al manejo de plagas, enfermedades y rendimientos. Además incluir materiales locales como los tipos Fortuna y Nira Blanco para aumentar la disponibilidad de variedades de espeque que se adapten a las condiciones de secano en laderas que con regularidad presentan problemas de acidez.

Pocos trabajos se han hecho para recomendar variedades adaptadas a este tipo de condiciones, en Costa Rica la mayoría de las variedades se seleccionaron en secano favorecido y en llanuras fértiles. Por consiguiente el objetivo de la investigación fue evaluar ocho variedades de arroz para seleccionar las que tengan comportamiento reproductivo, agronómico y fitosanitario acorde con los sistemas de autoconsumo en condiciones de secano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo de agosto del 2013 a febrero del 2014 en el asentamiento Rodolfo Coto en La Gloria de Puriscal a una altura de 600 msnm con temperatura promedio de 25 °C, 86 % de humedad relativa y precipitación de 2500 mm.

Las variedades que se evaluaron fueron: INTA 57, Chin Chin, Nira Blanco, Nira Colorado, Rexoro, Bluebonnet, Fortuna Negro y Fortuna Blanco, de todas solo Chin Chin e INTA 57 son de introducción reciente, las demás son consideradas por los productores como locales.

Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental contó con 2,4 m de ancho por 4,75 m de largo que corresponden a una superficie de 11,4 m², en la Figura 1 se aprecia el tamaño de las parcelas y parte de los bloques empleados, las distancias de siembra fueron de 0,40 m entre hileras con 0,25 m entre plantas con aproximadamente 12 semillas por golpe, en cada parcela se sembraron seis surcos.



Figura 1. Detalle de las parcelas y bloques empleados en la evaluación de variedades de arroz para el sistema en ladera. La Gloria, Puriscal. 2013.

Las variables que se evaluaron fueron:

- a. Días a floración tomada desde la siembra hasta el momento en que el 50 % de las plantas mostraron al menos una espiga o panícula emergida, se evaluó en la totalidad de cada una de las parcelas (11,44 m²).
- b. Altura de planta tomada a la cosecha en 10 plantas/parcela desde la superficie del suelo hasta el extremo de la hoja más alta.
- c. Evaluación del daño por *Pyricularia grisea* se evaluó 50 días después de la siembra en la totalidad de la parcela utilizando la escala 1-9 propuesta por el Sistema de Evaluación Estándar de CIAT (Rosero 1983) y que se presenta en el Cuadro 1.
- d. Peso de arroz en granza por parcela (11,44 m²), se registró en la totalidad de la parcela la producción de arroz en granza.
- e. Complejo de manchado de grano evaluado a la cosecha en la totalidad de la producción por parcela según la escala de evaluación mostrada en el Cuadro 1.
- f. Acame según la escala del Sistema de Evaluación Estándar de CIAT que se detalla en el Cuadro 2 (CIAT 1983).

Cuadro 1. Escala de evaluación para evaluación por daño de *Pyricularia grisea* según el sistema estándar del CIAT.

Clasificación	Observación
0	Ninguna lesión visible
1	Menos del 1 %
3	1-5 %
5	6-25 %
7	26-50 %
9	+ 51 %

Cuadro 2. Escala de evaluación para acame de tallo según el sistema estándar del CIAT.

Clasificación	Categoría
1	Ausencia de volcamiento
3	+60 % plantas con tendencia al volcamiento
5	+60 % plantas moderadamente volcadas
7	60 % plantas caídas
9	Total de plantas volcadas

Análisis estadístico

El rendimiento en granza/parcela, altura de planta (m), incidencia de *Pyricularia grisea*, días a floración, acame de tallo y grano manchado se

analizaron por medio de un ANDEVA y la separación de medias por la prueba DGC al 5 % publicada por Di Rienzo *et al.* 2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento expresado en kg/parcela útil al 13 % de humedad, se presenta en el Cuadro 3, se observa que INTA 57, Chin Chin, Nira Blanco y Fortuna Blanco fueron significativamente superiores ($p < 0,01$) que las demás variedades. Al convertir la producción en t/ha de arroz en granza las cuatro variedades superaron 3,75 toneladas, las cifras son superiores al promedio nacional de arroz en granza que se ubicó en el periodo 2008-2013 en 3,52 t/ha (CONARROZ s.f.). Estas mismas variedades en el 2011 (Cordero 2011) alcanzaron bajo el sistema de ladera producciones similares en INTA 57 y Nira Blanco y ligeramente inferior en Chin Chin con 3,4 t/ha. El logro de estabilidad en los rendimientos con cifras que superan el promedio nacional permite suponer que las variedades se adaptan a las condiciones de fertilidad y acidez que se dan en las laderas de La Gloria de Puriscal donde son comunes los suelos con saturación de aluminio superior al 45 %.

Cuadro 3. Rendimientos obtenidos por parcela en la evaluación de variedades para el sistema de secano en ladera. La Gloria, Puriscal. 2013.

Variedad	Kilogramos de arroz en granza/11,44 m ²	Toneladas/hectárea de arroz en granza
INTA 57	4,44 a*	3,9
CHIN CHIN	4,34 a	3,8
NIRA BLANCO	4,26 a	3,7
FORTUNA BLANCO	3,75 a	3,3
NIRA COLORADO	3,60 b	3,1
BLUEBONNET	3,27 b	2,9
FORTUNA NEGRO	3,01 b	2,6
REXORO	2,70 b	2,4

* Letras iguales no difieren significativamente según la Prueba DGC al 5 %.

En el Cuadro 4, se muestra la respuesta de las variedades al ataque de *Pyricularia grisea* y el manchado del grano conocido como complejo del manchado del grano (Tinoco y Acuña 2009). El efecto de la *Pyricularia* fue menor en las variedades INTA 57, Fortuna Blanco y Nira Blanco con valores menores a tres en una escala de 1 a 9. La variedad Chin Chin fue la más afectada por la enfermedad con calificación de cuatro, esta respuesta coincide con las obtenidas anteriormente, en el 2010 en San Miguel de Puriscal (Cordero 2011) donde Chin Chin también fue la variedad más afectada por el patógeno con calificación de seis.

Los resultados ponen de manifiesto la susceptibilidad de Chin Chin hacia el ataque de *Pyricularia grisea* e indican que es necesaria una estrategia de manejo de la enfermedad de lo contrario se podría ver muy afectado su potencial de rendimiento que fue alto (3,8 t/ha) tal como se indicó en el Cuadro 3 con manejo de la enfermedad basado en dos aplicaciones de isoprotiolano y kasugamicina.

El manchado del grano del arroz, puede ser ocasionado por un grupo de hongos, Tinoco y Acuña (2009) consideran a *Helminthosporium oryzae* como uno de los principales causantes, ya que se encuentra presente en el 30 % de los casos, en el Cuadro 4 se observa que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,10$) para todas las variedades durante esta investigación. En resultados anteriores obtenidos en La Gloria de Puriscal en el 2011 (Cordero 2012) el complejo del manchado afectó más a INTA 57, en esa época se calificó con 4,25 (escala 1-9) para la incidencia, por lo que su resistencia fue intermedia, y se diferenció significativamente ($p < 0,0001$) de Nira Blanco y Chin Chin, que casi no fueron afectadas (valores de incidencia cercanos a 1). El hecho de que en anteriores investigaciones la variedad INTA 57 se viera

afectada por el complejo del manchado del grano, aunque en forma intermedia, sugiere estrategias de combate si se dan condiciones de alta precipitación durante el cuajado y formación del grano.

En la Figura 2 se pueden observar diferentes niveles de daño del complejo del manchado del grano, que se dieron en variedades de arroz evaluadas en el 2011 (Cordero 2012), se aprecia que la variedad con el código PO 56 es muy afectada mientras que Nira Blanco y Chin Chin no fueron afectadas por el complejo y PO 57 que corresponde en la presente investigación a INTA 57 tuvo afectación intermedia.



Figura 2. Efecto del complejo del manchado del grano en variedades de arroz. La Gloria, Puriscal. Fuente: Cordero (2012).

En el Cuadro 5 se ponen de manifiesto las diferencias en la altura de planta ($p < 0,0001$), acame ($p < 0,02$) y días a floración ($p < 0,0001$), desfavorece el proceso de adopción de la variedad Chin Chin su poca altura con 0,78 m a la maduración, lo que la cataloga como una variedad enana, las cuales según Fernández (1980) se ubican en alturas inferiores a 1 metro. En un análisis participativo de variedades de arroz realizado en el 2010 (Cordero 2011), los productores indicaron que las plantas pequeñas, tienen un criterio desfavorable de

Cuadro 4. Respuesta de las variedades a la acción de factores fitopatológicos registrados mediante escala visual 1-9* en la evaluación de variedades de arroz en el sistema de secano en ladera. La Gloria, Puriscal. 2013.

Variedad	Incidencia de <i>Pyricularia grisea</i>	Incidencia de Manchado de grano
CHIN CHIN	4,00 a	1,13 a
REXORO	3,75 a	1,00 a
FORTUNA NEGRO	3,75 a	1,19 a
BLUEBONNET	3,25 b	1,00 a
NIRA COLORADO	3,25 b	1,00 a
NIRA BLANCO	3,00 b	1,00 a
FORTUNA LANCO	3,00 b	1,00 a
INTA 57	2,50 b	1,13 a

* Letras iguales no difieren significativamente según la Prueba DGC al 5 %.

preferencia, de ahí que prefieran variedades con alturas intermedias, porque con ellas se facilita el proceso de cosecha y aporreo.

En la Figura 3 se observa, la superioridad del tamaño de las plantas de la variedad Fortuna Blanco (1,37 m), en comparación con Chin Chin (0,78 m). Los productores prefieren variedades intermedias o semi enanas, cuyas alturas van de 1,0 a 1,3 m (Fernández 1980), no solo por facilidad de cosecha, sino también porque se evita el volcamiento, ya

que los agricultores asocian índices altos de volcamiento con plantas muy altas.

Las plantas enanas o semi enanas tienen una respuesta alta al nitrógeno y resistencia al acame (Arce 2006), los datos de altura de planta y el porcentaje de acame presentados en el Cuadro 5, coinciden con esas apreciaciones. Como consecuencia variedades con alturas intermedias (Chin Chin, INTA 57, Rexoro y Nira blanco), casi no fueron afectadas por acame, y se diferenciaron significativamente ($p < 0,002$) de las demás variedades, que si fueron afectadas por acame. Las variedades más altas fueron: Nira Colorado, Fortuna Negro, Fortuna Blanco y Bluebonnet y son las que estadísticamente tienen mayor tendencia al volcamiento.

Algunos autores relacionan la altura con la resistencia al volcamiento (CIAT 1980, 1982), afirman que tallos cortos y fuertes más que ningún otro carácter determinan la resistencia al acame. Variedades intermedias en altura como INTA 57, Nira Blanco y Rexoro fueron menos afectadas por acame y según las preferencias de los productores (Cordero 2011), la resistencia al acame es un factor que influye mucho para elegir una variedad.

Cuadro 5. Variables agronómicas de variedades de arroz evaluadas en el sistema de secano en ladera. La Gloria, Puriscal, 2013.

Variedad	Altura de planta, m	Acame escala 1-9	Días a floración
INTA 57	1,08 b	1,00 b	97,75 c
CHIN CHIN	0,78 c	1,50 b	91,50 d
NIRA BLANCO	1,18 b	1,00 b	100,75 b
FORTUNA BLANCO	1,37 a	3,50 a	102,25 b
NIRA COLORADO	1,34 a	5,30 a	94,75 c
BLUEBONNET	1,30 a	3,00 a	103,50 b
FORTUNA NEGRO	1,29 a	4,00 a	96,00 c
REXORO	1,12 b	1,50 b	112,25 a



Figura 3. Altura de planta de Fortuna Blanco a la izquierda y Chin Chin a la derecha, se aprecia también la precocidad de Chin Chin. La Gloria, Puriscal. 2013.

La precocidad es un factor a considerar en la adopción de variedades, los productores prefieren variedades tempranas a floración o intermedias, de acuerdo con el criterio de Chandler (1984), las plantas que florecen antes de los 115 días son de maduración precoz. En el Cuadro 5 se aprecia que existió diferencia entre variedades para los días que tardaron en florecer ($p < 0,01$), en la Figura 4 se aprecia que la mayoría de las variedades florecieron antes de los 115 días, por lo que se puede considerar que son precoces. A nivel estadístico se dieron diferencias entre ellas ($p < 0,01$), Chin Chin con 91,5 días fue la variedad más precoz seguido por: Nira Colorado (94,75 días), Fortuna Negro (96 días) e INTA 57 con 97,75 días.

Todas éstas variedades serían a criterio de los productores aptas para la producción de secano en ladera, en donde en ocasiones se adelanta el inicio de la época seca, la disminución en la disponibilidad de agua afecta el llenado del grano en los materiales que son más tardíos. Sin embargo, en la investigación la única variedad tardía fue Rexoro con 112,25 días a floración, esta característica hace que a menudo tenga problemas de producción cuando se siembra en la segunda época, y coincide el llenado del grano con la entrada del verano, las siembras de segunda época llegan hasta el 15 agosto en el Pacífico Central (MAG 1991).

Las variedades precoces florecen antes de los 80 días después de la siembra (dds) y según Arce (2006), son menos productivas que las tardías. Ninguna de las variedades analizadas se puede considerar precoz, por lo que no se pueden relacionar los rendimientos con el ciclo de cultivo.

En la Figura 5 se aprecian dos variedades de arroz de ciclo de cultivo intermedio que tendrían aceptación dentro de los sistemas de ladera, aunque se nota claramente que la variedad Chin Chin es más rápida.

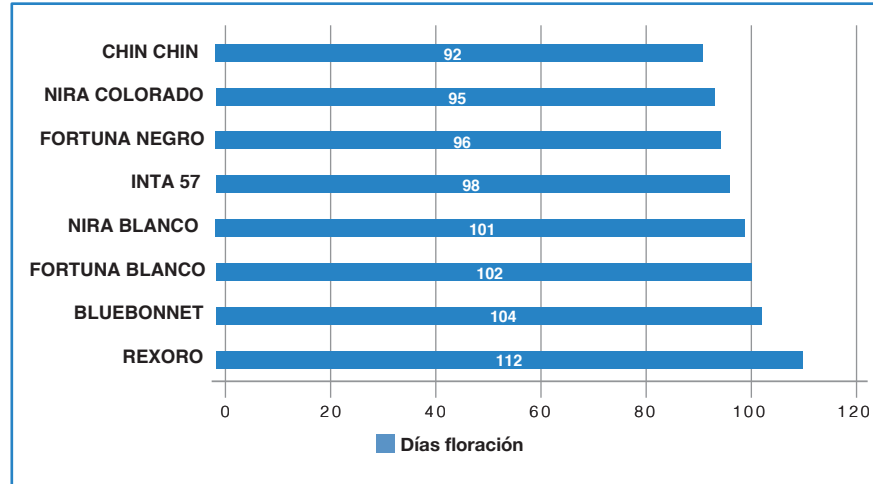


Figura 4. Días a floración de variedades de arroz sembradas en La Gloria, Puriscal. 2013.

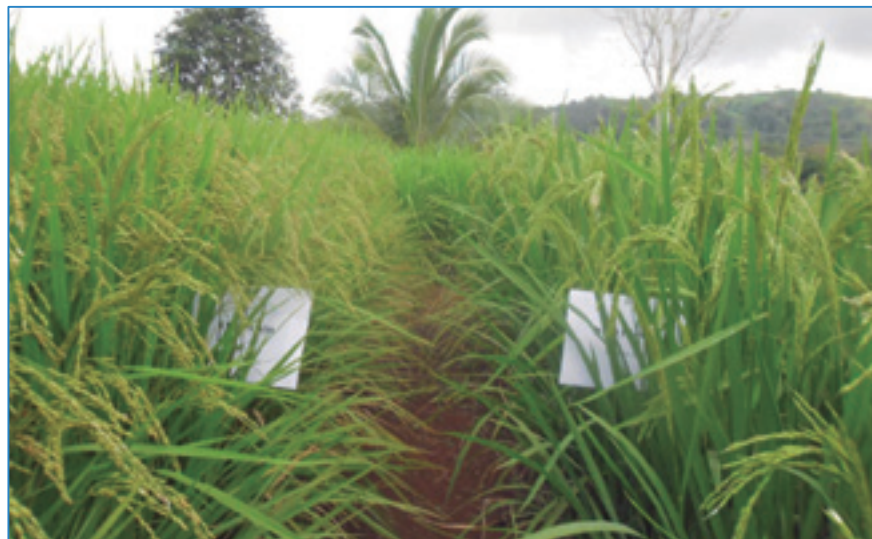


Figura 5. Floración de Chin Chin (92 dds*) a la izquierda y Nira Blanco (101 dds*) a la derecha. La Gloria, Puriscal. 2013.
* Días después de la siembra.

Los resultados obtenidos en cuanto a la respuesta a variables agronómicas y reproductivas, indican potenciales de rendimiento superiores a 3,5 toneladas/ha, de las variedades INTA 57, Nira Blanco y Chin Chin, lo que sugiere adaptabilidad en condiciones de suelos de ladera con saturaciones de aluminio superiores al 40 %. Sin embargo, son necesarias estrategias, para el manejo de la *Pyricularia grisea* en la variedad Chin Chin y para el complejo del manchado del grano en INTA 57.

Las alturas de planta intermedias de INTA 57 y Nira Blanco las hace apropiadas para los sistemas de ladera, donde fueron poco afectadas por volcamiento, también junto con Chin Chin tienen características culinarias, que son del gusto de los consumidores (Garita 2014²), (Tinoco 2014³).

El alto potencial de rendimiento de Nira Blanco e INTA 57 sumado a su buen comportamiento

agronómico en cuanto a altura de planta, tolerancia a enfermedades, resistencia al acame sugieren su empleo en evaluaciones de variedades de arroz para sistemas de ladera de mínima labranza con bajo nivel de insumos (Figura 6).



Figura 6. Variedad INTA 57 mantenida bajo manejo con pocos insumos. La Gloria, Puriscal. 2014.

LITERATURA CITADA

Arce, E. 2006. Evaluación y selección de líneas de arroz (*Oryza sativa*) del vivero ION-CIAT-SECANO, con base en características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera (en línea). Práctica Bach. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 116 p. Consultado el 11 de set. 2015.

Disponible en: repositoriotec.tec.ac.cr/.../Trabajo%20de%20Graduacion%20Oscar%20E

Asamblea Legislativa, CR. 2006. Ley 8539. Aprobación del Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, Ratificada por el Decreto Ejecutivo 33380 del 28 de setiembre del 2006. San José, Costa Rica. 31 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz, guía de estudio (en línea). Serie 045r-05.04. Cali, Colombia. Consultado el 11 de set. 2015.

Disponible en: <https://books.google.com/books?id=tuUDmiYKdoC>

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1982. Fertilización nitrogenada del arroz, guía de estudio (en línea). Serie 04sr-09.02. Cali, Colombia. Consultado el 11 de set. 2015.

Disponible en: <https://books.google.com/books?id=THyp9bigQ6KC>

2 Garita, B. 2014. Calidad culinaria de variedades de arroz para autoconsumo (entrevista). Puriscal, ASOPRODERA. Comunicación personal.

3 Tinoco, R. 2014. Calidad culinaria de la variedad INTA 57 (entrevista). San José, Costa Rica, INTA. Comunicación personal.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz (en línea). Programa de pruebas internacionales de arroz. Cali, Colombia. 61 p. Consultado el 11 set. 2015.
Disponible en: ciat-library.ciat.org/.../viveros_internacionales_de_rendimiento_d...
- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional, CR). S.f. Informe estadístico periodo 2012/2013 (en línea). Unidad de inteligencia de Mercados. San José, Costa Rica. Consultado el 26 de feb. 2016.
Disponible en: <http://ccc.conarroz.com/Userfiles/File/INFORMEANUALESTADISTICO>.
- Cordero, C. 2011. Evaluación agronómica y participativa de variedades de arroz para el sistema en ladera en San Miguel, Puriscal. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Informe final de Archivos Técnicos. 11 p. Sin publicar.
- Cordero, C. 2012. Desarrollo de variedades de arroz de bajos insumos y mínima labranza (autoconsumo). San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Informe final de Archivos Técnicos. 12 p. Sin publicar.
- Chandler, R. 1984. Arroz en los trópicos. Guía para el desarrollo de programas nacionales (en línea). San José, Costa Rica. IICA, serie investigación y desarrollo #12. Consultado el 11 de set 2015.
Disponible en: <https://books.google.com/books?isbn=929039028x>
- Di Rienzo, A; Guzmán, W; Casanoves, F. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree obtained by Average Linkage or the Matrix of Euclidean Distances between treatment Means. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*. 7(2):129-142.
- Fernández, F. 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz (en línea). CIAT serie 045R-05.04. Cali, Colombia. Consultado el 09 set. 2015.
Disponible en: <https://books.google.com/books?id=tuUDmiYKODOC>
- Guimaraes, P. 2003. Mejoramiento Poblacional: una Alternativa para Explorar Los Recursos Genéticos del Arroz en América Latina. CIAT, Cali, Colombia. 374 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos técnicos de 45 cultivos de Costa Rica. Dirección Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico no. 34. 560 p.
- Rosero, M. 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. Cooperación IRRI-CIAT. 2 ed. Cali, Colombia. CIAT. 63 p.
- Tinoco, R; Hernández, JC. 1999. Nuevas opciones para el productor de arroz de autoconsumo. In: memoria del XI Congreso Nacional Agronómico. San José, Costa Rica. Colegio de Ingenieros Agrónomos. 221-222.
- Tinoco, R; Acuña, A. 2009. Cultivo de arroz, Manual de Recomendaciones Técnicas del Cultivo. San José, Costa Rica. INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 75 p.
- Vargas A. 2005. Características de una nueva variedad de arroz. In: Anuncian Liberación de nueva variedad de arroz en Costa Rica. *La Nación*, San José, Costa Rica. Ago. 31.

NOTA TÉCNICA

CAPTURA DE PARASITOIDES DE *Stomoxys calcitrans* EN PUPAS DE MOSCA DOMÉSTICA EN COSTA RICA

Ligia Rodríguez Rojas¹

RESUMEN

Captura de parasitoides de *Stomoxys calcitrans* en pupas de mosca doméstica en Costa Rica. El objetivo de esta actividad fue recuperar parasitoides de la mosca del establo *Stomoxys calcitrans* en áreas productoras de piña, utilizando como señuelo pupas de mosca doméstica (*Musca domestica*) criadas en laboratorio y colocadas en bandejas plásticas sobre el rastrojo de piña. El trabajo se realizó, en plantaciones de piña de dos localidades ubicadas en Pital y Upala, Alajuela, Costa Rica. En Pital, las dos colocaciones de pupas se realizaron del 15 al 27 de setiembre del 2013, con una precipitación total de 209 mm durante el periodo, con temperatura promedio de 26,5 °C y humedad relativa de 91 %. En Upala, las pupas se colocaron del 24 de setiembre al 23 de octubre del 2014. En este caso la precipitación fue de 237,3 mm, temperatura promedio de 25,8 °C y la humedad relativa de 75,3 %. Los parasitoides recuperados en Pital en el primer muestreo fueron: *Muscidifurax raptoroides*, *Spalangia gemina* y *Aleocharas* spp., con tasas de parasitismo aparente de 6,58 %, 0,17 % y 0,34 % respectivamente. En el segundo muestreo se recuperaron estos mismos parasitoides con tasas de parasitismo de 1,74 %, 1,16 % y 0,15 %, además se recuperó *Eurytoma sivinskii* con un parasitismo de 0,32 %. En Upala, en las fincas Las Brisas y Valle del Tarso se recuperaron *Spalangia* sp. y *Pachycrepoideus* sp. con tasas de parasitismo aparente de 0,20 % y 0,04 % respectivamente. Los parasitoides de mayor interés a ser valorados en el manejo de la mosca del establo, en rastrojo de piña son *Spalangia gemina*, *Muscidifurax raptoroides* y *Pachycrepoideus* sp.

Palabras clave: *Muscidifurax raptoroides*, *Spalangia gemina*, *Eurytoma sivinskii*, *Pachycrepoideus* sp. y *Aleocharas* spp.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. Irodriguez@inta.go.cr. Sede del Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur, San José.

INTRODUCCIÓN

La mosca del establo (*Stomoxys Calcitrans*), es un parásito externo, hematófago, ampliamente distribuido a nivel mundial, que ocupa diversos ecosistemas y es considerado como una plaga de animales domésticos y silvestres (Quiroz 2005, Coronado *et al.* 2006, Foil y Hogsette 1994). Este insecto causa diferentes daños en el ganado como reducción en la producción de leche hasta 139 kg anuales, pérdida de peso de 6 a 9 kg en terneros antes del destete (Taylor *et al.* 2012), disminución del índice reproductivo y transmisión de enfermedades, también causa anemia a los animales, por la succión continua de sangre (Campbell *et al.* 2001, Rojas *et al.* 2003 y Salazar 2008). Además del rastrojo de piña, esta mosca se reproduce en desechos de otros cultivos que proporcionan gran cantidad de materia orgánica en descomposición, como la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y el banano (*Musa paradisiaca*) (SFE 2006, SFE 2007).

En Costa Rica, la presencia de esta mosca, en las áreas agro-pastoriles ha afectado principalmente el sector ganadero, de las regiones Huetar Norte y Caribe, al reproducirse en altas cantidades en los desechos de la piña (*Ananas comosus*) (Rojas *et al.* 2003, Salazar 2008). El cultivo de piña es uno de los nuevos productos agrícolas con los que Costa Rica ha diversificado sus exportaciones en los últimos años y se siembra en casi todo el territorio nacional e involucra grandes capitales debido a las extensas áreas de cultivo (Acuña 2006). Se estima que actualmente existen alrededor de 40 000 hectáreas sembradas de este cultivo, con una productividad bruta de hasta 90 toneladas por hectárea, la cual se exporta principalmente a Europa y Estados Unidos (Aravena 2005, SEPSA 2016)².

Las características biológicas del insecto, como ciclo de vida corto, la alta capacidad reproductiva en los residuos de piña y su alta dispersión, así como

la rápida adquisición de resistencia por el uso indiscriminado de agroquímicos, hacen este insecto muy importante desde el punto de vista de salud pública y veterinaria (Vergara y Jiménez 1995). Su difícil control, mediante las estrategias comúnmente utilizadas, hace necesario la búsqueda de otras alternativas, siendo el control biológico mediante parasitoides, una alternativa adicional para el manejo integrado de esta plaga (Coronado *et al.* 2006, Machtinger *et al.* 2012).

Existen varias especies de avispas parasitoides que consumen larvas y pupas de esta mosca, reduciendo las poblacionales (Geden *et al.* 1992, Torres *et al.* 1994, Crespo *et al.* 1998, Geden 1999). Se han encontrado los géneros *Muscidifurax*, *Sphalangia*, *Pachycrepoideus* y *Eurytoma* parasitando pupas de mosca del establo (Costa *et al.* 2004, Mena *et al.* 2010).

En el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), al exponer pupas de mosca común y del establo a los parasitoides *Muscidifurax zaraptor*, *Muscidifurax raptor*, *Muscidifurax raptorellus* y *Trichomalopsis sarcophagae*, encontraron que la mortalidad de pupas de moscas fue mayor cuando utilizaron *Muscidifurax zaraptor*, seguido por *M. raptor*, *M. raptorellus* y *T. sarcophagae*. El parasitoide que mayor cantidad de pupas de la mosca del establo consumió fue *M. raptor*. Las especies de *Muscidifurax* encontradas resultaron ser más eficientes para la crianza y la liberación (Lysyk 2004).

En el Sur de California se estudió la abundancia relativa de parasitoides relacionados con la mosca del establo y mosca doméstica, utilizando pupas colectadas en lecherías. Se encontraron siete especies de parasitoides con abundancia de un 90 %, con presencia de los parasitoides: *Spalangia endius*, *Spalangia cameroni*, *Spalangia nigroaenea*, *Muscidifurax raptor*, *Muscidifurax zaraptor*, *Urolepis rufiles* y *Aleocharas spp.*, siendo *S. endius* la especie que se presentó en mayor abundancia (19,9 %) (Petter 1993).

El presente trabajo pretende recuperar parasitoides de la mosca del establo en áreas productoras de piña, utilizando como señuelo pupas de mosca doméstica, criadas en laboratorio.

2 SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, CR). 2016. Estudios Económicos e Información. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Informe preliminar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en plantaciones de piña del distrito de Pital y el cantón de Upala. Estas localidades se encuentran separadas por aproximadamente 100 km de distancia y pertenecen a la región Huetar Norte. Se ubican a altitudes en un rango de 100 a 200 msnm en zona de vida de Bosque Tropical muy Húmedo. En cada una de las localidades se efectuaron dos colocaciones de pupas

señuelo de mosca doméstica. En Pital, las pupas de moscas doméstica se colocaron en la finca La Lydia, del 15 al 27 de setiembre del 2013, mientras que en Upala, se colocaron en las fincas Las Brisas y Valle del Tarso, del 24 setiembre al 23 de octubre del 2014. Los datos climatológicos registrados durante los periodos de colocación de pupas, se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones climáticas presentes en los periodos de colocación de pupas señuelo en las localidades de Pital y Upala. 2013-2014.

Sitio	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)	Radiación solar mínima (MJ/m ²)	Radiación solar máxima (MJ/m ²)
Pital, La Lydia	105,80	21,00	32,10	90,40	1,33	20,72
Pital, La Lydia	103,20	21,50	31,60	91,70	1,33	19,12
Upala, Las Brisas	188,60	16,69	31,99	72,76	-	-
Upala, Valle del Tarso	48,70	21,63	32,88	77,85	-	-

Fuente: Estación meteorológica PINDECO, Pital, San Carlos.
Estación meteorológica Las Brisa, Upala, San Carlos.

Fase de campo

Recuperación de parasitoides

Los parasitoides se recuperaron utilizando bandejas plásticas rectangulares de 12x10x10,5 cm, en las que se colocaron pupas de mosca doméstica de uno a dos días de formadas, procedentes del sistema de crianza de INPROTSA y de El Oro. Para obtener pupas de la edad indicada, se retiraron del sistema de crianza larvas del último estadio y se dejaron en reposo en una bandeja hasta el segundo día, para obtener las pupas requeridas. Para conocer la totalidad de pupas llevadas a campo, se procedió a determinar la cantidad por mililitro, las cuales fueron aproximadamente 30.

En las dos colocaciones realizadas en finca La Lydia, Pital, se utilizaron de 192 a 600 pupas/bandeja. En las fincas Las Brisas y Valle del Tarso, en Upala, se colocaron de 900 a 1500 pupa/bandeja respectivamente, dado que es aconsejable utilizar suficiente cantidad de pupas, para

asegurar la estimulación de la atracción de los parasitoides (Mexzón 2012)³.

Los lotes utilizados en esta investigación contaban con vegetación circundante, al menos en dos de sus costados, de 1 a 3 m altura, compuesta por malezas de hoja ancha en floración y algunas Ciperáceas. Esta condición favoreció la presencia de parasitoides en el área de estudio. Las bandejas con las pupas fueron distribuidas en 10 puntos en el área seleccionada, en el borde del lote con rastrojo de piña, previamente triturado (10 días). Estas se colocaron a una altura de 20-30 cm del suelo, sobre montículos de rastrojo de piña, previamente dispuestos en cada sitio. Los montículos de rastrojo se utilizaron para

3 Mexzón, R. 2012. Emergencia de parasitoides en pupas de mosca doméstica (entrevista). UCR. Comunicación personal.

concentrar la presencia de la mosca del establo en estos sitios, como un estímulo adicional para los posibles parasitoides presentes en el área (Hall y Fischer 1988).

La colocación de pupas se realizó en las primeras horas de la mañana y se dejaron expuestas durante siete días, para asegurar la parasitación. Para evitar que la lluvia afectara las pupas, se cubrieron las bandejas con una cobertura de plástico negro (techos), colocada a unos 60-70 cm del suelo, con árboles cercanos que les proporcionaban sombra. Las pupas fueron recolectadas y colocadas en bolsas de papel kraft, debidamente rotuladas y luego se llevaron al laboratorio.

Fase de laboratorio

Emergencia de parasitoides

En el laboratorio, las pupas se pusieron en frascos de vidrio con tapa a prueba de fuga, cubiertas con tela tergal para permitir la aireación de las pupas y evitar la salida de los parasitoides. Los frascos se mantuvieron durante 40 días a una temperatura de 25 °C y a humedad relativa de 60-70 % aproximadamente. Antes de abrir los frascos, se colocaron en el congelador por unos minutos para inmovilizar los parasitoides y evitar el escape de los mismos. Luego éstos se colocaron en frascos viales y se rotularon para su respectiva identificación.

Una vez identificados se cuantificaron los parasitoides por género y especies, se calculó el porcentaje de emergencia de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Géneros de parasitoides recuperados en Pital

En un total de 2961 pupas señuelo expuestas en la primera colocación, las cuales fueron suplidas por el laboratorio de INPROTSA, emergió un total de 220 puparios, de los cuales se recuperaron 210 parasitoides de los géneros: *Muscidifurax raptoroides*, *Spalangia gemina* y *Aleocharas* spp. (Hanson 2013)⁴. La tasa de parasitismo aparente total fue de 7,09 %, con una tasa de emergencia proporcional para los parasitoides encontrados de 6,58 % para *Muscidifurax raptoroides*, 0,17 %

para *Spalangia gemina* y 0,34 % para *Aleocharas* spp. Del total de parasitoides emergidos hubo una pérdida de 10 especímenes (0,34 %) por escape de los frascos de cría. (Cuadro 2). Resultados similares se obtuvieron en un estudio realizado en granjas de varios sitios, en Brasil, donde se recolectaron pupas de mosca doméstica, mosca del establo y *Physiphora aenea*. En este caso, en 10 504 pupas de mosca doméstica colectadas se obtuvo un 7,2 % de parasitoides y un 17 % de larvas de *Aleochara puberula*.

4 Hanson, P. 2013. Identificación de géneros y especies de parasitoides encontradas en pupas señuelo de mosca doméstica. Museo de Insectos, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

Cuadro 2. Emergencia de parasitoides obtenidos, en pupas de (*M. domestica*) utilizada como señuelo del 15 al 22 de setiembre, Pital, Alajuela. 2013.

Muestra	Pupas mosca doméstica colocadas	Pupas parasitadas	Parasitoides obtenidos	Parasitoides recuperados		
				<i>Muscidifurax raptoroides</i>	<i>Spalangia gemina</i>	<i>Aleocharas spp.</i>
1	264	19	17	16	1	0
2	370	18	16	14	0	2
3	400	32	32	28	3	1
4	288	25	25	24	1	0
5	352	26	26	23	0	3
6	397	22	21	20	0	1
7	232	19	19	18	0	1
8	236	15	14	13	0	1
9	192	22	19	18	0	1
10	230	22	21	21	0	0
Totales	2961	220	210	195	5	10
Tasa de parasitismo, %			7,09	6,58	0,17	0,34

La segunda colocación, de 5275 pupas de mosca doméstica, procedente de este mismo laboratorio en esta misma localidad; una semana después de la primera, únicamente 203 (3,84 %) de las pupas fueron objeto de parasitación, aproximadamente la mitad del parasitismo encontrado en la primera fecha de colocación. Del total de parasitoides emergidos, un 1,74 % correspondió a *Muscidifurax raptoroides*, el 1,16 % a *Spalangia gemina*, 0,32 % a *Eurytoma sivinskii* y 0,15 % a *Aleocharas spp.* (Cuadro 3) (Hanson 2013)⁵. Del total de los parasitados emergidos hubo una pérdida de 25 parasitoides (0,47 %), por escape en los frascos de cría. El parasitoide *Spalangia gemina* ha sido reportado en la literatura como un parasitoide de las regiones tropicales, con potencial como agente de control biológico contra las moscas domésticas y las que afectan el ganado (Geden 1997, Costa *et al.* 2004). Este género fue diferenciado genéticamente en Norte América (Taylor *et al.* 2006) y posteriormente se identificó *S. gemina* en Pital, Costa Rica (Taylor 2013)⁶.

Estos resultados no difieren de los obtenidos en un estudio similar realizados por Costa *et al.* (2004), donde se obtuvo una tasa de parasitismo de (1,6 %) para *Spalangia gemina*, (0,3 %) para *Phachycrepoideus vindemmiae* y de (0,1 %), para *Eurytoma sp.*

En cuanto a parasitismo aparente de parasitoides recuperados sobre pupas de moscas; en Venezuela, en 2927 pupas de mosca del establo colectadas en un año, se obtuvo un total de 359 parasitoides de las especies *Spalangia cameroni*, *Muscidifurax raptor*, con parasitismo que variaron entre 3,47 % y 43,47 %; siendo *S. cameroni* responsable por más del 80 % de los Pteromalidae recuperados en este estudio (Coronado *et al.* 2006). Mientras que Almeida *et al.* (1999); en 10 500 pupas de mosca doméstica recolectadas en campo obtuvieron un porcentaje de emergencia 1,5 % para *Spalangia gemina*, 0,11 % para *Muscidifurax raptoroides* y 0,3 % para *Muscidifurax sp.*

5 Hanson, P. 2013. Identificación de géneros y especies de parasitoides encontradas en pupas señuelo de mosca doméstica. Museo de Insectos, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

6 Taylor, D. 2013. Identificación de *S. gemina* (entrevista). Universidad de Nebraska. Comunicación personal.

Cuadro 3. Emergencia de parasitoides obtenidos, en pupas de (*M. domestica*), utilizada como señuelo, del 22 al 27 de setiembre, Pital, Alajuela. 2013.

Muestra	Pupas mosca doméstica	Pupas parasitadas	Parasitoides obtenidos	Parasitoides recuperados			
				<i>Muscidifurax raptoroides</i>	<i>Spalangia gemina</i>	<i>Eurytoma sivinskii</i>	<i>Aleocharas</i> spp.
1	514	26	26	5	14	4	3
2	496	21	21	13	1	7	0
3	613	49	49	43	6	0	0
4	604	20	15	3	12	0	0
5	531	29	22	15	3	3	1
6	585	10	9	3	4	1	1
7	487	16	11	9	0	1	1
8	485	7	3	0	3	0	0
9	475	14	13	0	12	0	1
10	485	11	9	1	6	1	1
Totales	5275	203	178	92	61	17	8
Tasa de parasitismo, %			3,37	1,74	1,16	0,32	0,15

Géneros de parasitoides recuperados en Upala

En la localidad de Upala, en la finca Las Brisas se colocaron 6169 pupas señuelo procedente de la crianza de la empresa Del Oro, se obtuvo un parasitismo total de 0,11 % correspondiente al parasitoide *Spalangia* sp. Mientras que en finca Valle del Tarso en 9180 pupas señuelo de mosca doméstica se logró recuperar dos géneros, *Spalangia* sp. y *Pachycrepoideus* sp. con una tasa total de parasitismo de 0,24 %. (Cuadro 4). La tasa de parasitismo para *Spalangia* fue de 0,20 %,

mientras que para *Pachycrepoideus* sp. fue de 0,04 %. Si bien es cierto hay presencia de *Spalangia* en ambas fincas de esta localidad, su presencia fue baja si la comparamos con los resultados de la localidad de Pital, donde este parasitoide alcanzó una tasa de parasitismo aparente de 1,18 %. El parasitoide *Pachycrepoideus* sp. fue recuperado únicamente en la finca Valle del Tarso, en Upala (Cuadro 4). Además de los parasitoides *Spalangia cameroni*, *Spalangia endius* y *Spalangia gemina*, se ha encontrado a *Pachycrepoideus vindemmiae* y *Eurytoma* sp. en pupas de la mosca del establo (Costa et al. 2004).

Cuadro 4. Tasa de parasitismo aparente para parasitoide recuperado en pupas de *M. domestica*, del 24 septiembre al 23 de octubre, Upala, Alajuela. 2014.

Localidades/parasitismo	Total de pupas de mosca doméstica colocadas	Cantidad de mosca doméstica emergida	Total de parasitoides emergidos	<i>Spalangia</i> sp.	<i>Pachycrepoideus</i> sp.
Las Brisas	6169	6162	7	7	0
Tasa de parasitismo, %			0,11	0,11	0
Valle del Tarso	9180	9158	22	18	4
Tasa de parasitismo, %			0,24	0,20	0,04

Bajo las condiciones de producción del cultivo de piña y utilizando pupas de mosca doméstica como señuelo, se recuperaron los parasitoides *Muscidifurax raptoroides*, *Spalangia* sp., *Spalangia gemina*, *Pachycrepoideus* sp., *Eurytoma sivinskii* y *Aleocharas* spp. Los géneros de parasitoides *Muscidifurax*, *Spalangia* y *Pachycrepoideus* han sido reportados a nivel mundial con un alto potencial en el control de dípteros como mosca

doméstica y del establo (Jerome *et al.* 2001), sin embargo en el presente estudio el parasitismo de *Pachycrepoideus* fue bajo. Es importante resaltar la presencia del género *Spalangia* recuperado en ambas localidades del estudio, pues además de ser reconocido como parasitoide de la mosca del establo (Mora *et al.* 1997), es una especie nativa para la región (Taylor 2006), con presencia en áreas donde se cultiva piña.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, G. 2006. Piña en Costa Rica: producción y ambiente. *Ambientico* no. 158:1-11.
- Almeida, MA; Ferreira, P; Pires, A. 1999. *Aleocharas* spp y parasitoides de pupas atacan dymbovine volar pupas en el sureste de Brasil. *Control Biológico*. 14(2):77-83.
- Aravena, J. 2005. La Expansión piñera en Costa Rica. La realidad de los perdedores de la agroindustria exportadora de piña. *Comunidad Ecologista La Ceiba, Amigos de la tierra*. 56 p.
- Campbell, JB; Skoda, SR; Berkebile, D; Boxler, DJ; Thomas, GD. 2001. Effects of stable flies (Diptera: Muscidae) on weight gains of grazing yearling cattle. *J. Econ. Entomol.* 94:780-783.
- Coronado, A; Suárez, C; Mujica, F; Henríquez, H. 2006. Parasitoides enemigos naturales de la mosca de los establos, *Stomoxys calcitrans*, en una finca lechera. *Veterinaria Trop.* 31(1-2):33-41.
- Costa, VA; Berti-Filho, E; Silveira Neto, S. 2004. Parasitoides (Hymenoptera: Chalcidoidea) de moscas sinantrópicas (Diptera: Muscidae) em aviários de Echaporã, sp. *Arq. Inst. Biol.* 71(2):203-209.
- Crespo, D; Lecuona, R; Hogsette, J. 1998. Biological Control: An Important Component in Integrated Management of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Biol. Control.* 13:16-24.
- Foil, L; Hogsette, J. 1994. Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 13:1125-1158.
- Geden, C; Rutz, D; Scott, J; Long, S. 1992. Susceptibility of house flies (Diptera: Muscidae) and five pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) to abamectin and seven commercial insecticides. *J. Econ. Entomol.* 85:435-440.
- Geden, C. 1997. Development Models for the Filth Fly Parasitoids *Spalangia gemina*, *S. cameroni*, and *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) under constant and variable temperatures. *Biological Control.* 9:185-192.
- Geden, C. 1999. Host location by house fly (Diptera: Muscidae) parasitoids in poultry manure at different moisture levels and host densities. *Environ. Entomol.* 28:755-760.
- Hall, RD; Fischer, FJ. 1988. Laboratory studies on the biology of *Spalangia nigra* (Hym: Pteromalidae). *Entomophaga.* 33(4) 495-504.
- Jerome, J; Farkas, R; Csaba, T. 2001. Hymenopteran Pupal Parasitoids Recovered from House Fly and Stable Fly (Diptera: Muscidae) Pupae Collected on Livestock Facilities in Southern and Eastern Hungary. *Environ. Entomol.* 30(1):107-111.
- Lysyk, TJ. 2004. Host Mortality and Progeny Production by Solitary and Gregarious Parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) Attacking *Musca domestica* and *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) at Varying Host Densities. *Environ. Entomol.* 33(2):328-339.

- Machtinger, E; Leppla, N; Geden, C; Hogsette, J. 2012. Improving biological control on equestrian farms. In: memory 7th International IPM Symposium, Memphis, Estados Unidos. 150 p.
- Mena, J; Sivinski, J; Anzures, A; Ramírez, R; Gates, M; Aluja, M. 2010. Consideration of *Eurytoma sivinskii* Gates and Grissell, a eurytomid (Hymenoptera) with unusual foraging behaviors, as a biological control agent of tephritid (Diptera) fruit flies. *Biological Control*. 53(1):9-17.
- Mora, S; Calvache, H; Alvañil, F; Torres, JA; Verdugo, A; Lun, JE. 1997. La mosca de los establos *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae), en palma de aceite. *Palmas*. 18(3):31-42.
- Petter, J. 1993. IPM and Biological Control of Plant pests: Field Crops (Quick bibliography series). United States Department of Agriculture. 55 p.
- Quiroz, H. 2005. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Editorial Limusa S.A. 714 p.
- Rojas, T; Calvo, B; Porras, S; Chavarría, A. 2003. Problemática de la mosca del establo, *Stomoxys calcitrans*, originada por los desechos del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) en la región Huetar Atlántica de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Boletín de parasitología*. 4(1):3-4.
- Salazar, O. 2008. Plantaciones de piña en Costa Rica contra la sostenibilidad ecológica y social. *Ambientico* no. 177. Publicado en Revista Global Hoy, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 19 p.
- SFE (Servicio Fitosanitario del Estado, Costa Rica). 2006. Definen procedimientos en el manejo de desechos orgánicos para el control de (*Stomoxys calcitrans* L.). San José, Costa Rica. 4 p. *Actualidad Fitosanitaria*. Boletín no. 28.
- SFE (Servicio Fitosanitario del Estado, Costa Rica). 2007. Trituración de desechos orgánicos disminuye poblaciones de mosca del establo. San José, Costa Rica. 4 p. *Actualidad Fitosanitaria*. Boletín no. 32.
- Taylor, D; Moon, R; Gibson, G; Szalanski, A. 2006. Genetic and Morphological Comparisons of New and Old World Populations of *Spalangia* Species (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99(5):799-808.
- Taylor, D; Moon, R; Mark, D. 2012. Economic Impact of Stable Flies (Diptera: Muscidae) on Dairy and Beef Cattle Production. *J. Med. Entomol.* 49(1):198-209.
- Torres, P; Cicchino, A; Abrahamovich, AH; Nuñez, J; Prieto, O. 1994. Los enemigos naturales de *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) en dos áreas ganaderas de la Argentina. *Med. Vet.* 75:6-16.
- Vergara, R; Jiménez, J. 1995. Manejo integrado de moscas comunes (MIMD) en explotaciones pecuarias y salud pública con énfasis en control biológico. In: Gomero L, Lizárraga A. (eds.). *Aportes del Control Biológico en la Agricultura Sostenible*. Lima, Perú. p. 347-359.

COMUNICACIÓN CORTA

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DEL PICHICHIO (*Solanum mammosum* L.) EN EL CARIBE DE COSTA RICA

Pablo Acuña Chinchilla D.E.P.¹, Jorge Garro Alfaro²

RESUMEN

Potencial de producción del pichichio (*Solanum mammosum* L.) en el Caribe de Costa Rica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adaptación del pichichio bajo condiciones de cultivo. El trabajo se realizó en la Estación Experimental Los Diamantes ubicada en el cantón de Pococí distrito de Guápiles, provincia de Limón. El área de siembra fue de una hectárea. El trasplante se realizó en setiembre del año 2012 con una distancia entre plantas de 1 m, en un sistema de doble hilera con una distancia entre hileras de 1 m y un espacio de 2 m entre cada par de hileras, para una densidad de siembra de 6600 plantas ha⁻¹. La cosecha se realizó a partir de los ocho meses de desarrollo y la producción fue de 44,62 t ha⁻¹ para un total de 291 060 frutos, con un promedio 63 frutos y 250 semillas por planta. La producción de raíces frescas fue de 972 kg ha⁻¹ y un peso promedio por planta de 210,3 g, una vez secas el peso promedio fue de 48,4 g por planta. Además no se determinaron plagas en la plantación. Los resultados que se obtuvieron y el desarrollo del cultivo a través de todo su ciclo evidencian que la región Caribe posee características agroecológicas y climáticas que benefician el desarrollo de este cultivo.

Palabras clave: Solanácea herbácea, fruto, herbicida.

INTRODUCCIÓN

El pichichio (*Solanum mammosum* L.) es una solanácea herbácea, de hábito arbustivo, que puede alcanzar hasta 1,5 m de alto. Posee hojas simples pubescentes en el haz y en el envés, bordes medianamente hendidos con espinas conspicuas sobre las nervaduras y ápice acumulado. Las flores son pedunculadas en racimo, con cáliz verde amarillento, cinco sépalos y una corola lila; estambres prominentes con filamentos cortos. El fruto es una baya de forma cónica con lóbulos en la parte proximal, de color amarillo oro en la

maduración y de 5 a 8 cm de longitud (León 1987, Pérez 2001, González y Morales 2005, Huayhua y Nina 2009). Se encuentra distribuida desde el Sur de México, Centro América, El Caribe y Sur América. Se adapta mejor a ecosistemas con climas cálidos y temperaturas entre los 21 y 30 °C. Puede crecer en altitudes que van de los 100 a los 1600 msnm y con precipitaciones entre 1100 y 3400 mm/año (IIAP 2011). En climas lluviosos, puede cultivarse durante todo el año, exceptuando los meses más secos, usualmente la siembra se

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA-Costa Rica. D.E.P.

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA-Costa Rica. jgarro@inta.go.cr. Sede del Laboratorio de Servicios de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur. San José.

realiza a 1,5 m entre hileras y 1,0 m entre plantas (Araya 2011, IIAP 1997). En la práctica se ha observado que distanciamientos de siembra densos pueden afectar el desarrollo de las primeras flores por falta de luz (Pérez 2001, IIAP 2011). Se puede cultivar bajo diferentes tipos de suelos con texturas desde arenosas hasta arcillosas, no tolera problemas de drenaje, por lo que se ve afectada por excesos de humedad y se adecua a condiciones extremas de acidez, inclusive valores de pH menores a 4 (IIAP 2011). Es común encontrarla asociada con pasturas a campo abierto ya que es exigente a condiciones de luminosidad, su demanda de luz oscila entre 8 y 12 horas. Algunas plagas que se pueden presentar son: insectos chupadores y masticadores, los chupadores se agrupan en el envés de la hoja y en los puntos de crecimiento. Los ataques más frecuentes ocurren durante la floración y la formación de fruto (Araya 2011).

La propagación de la planta se hace mediante semilla sexual, con el establecimiento de almácigo y trasplante al campo. Su cultivo, puede ser asociado con pastizales, bosques secundarios con alta luminosidad, cultivos de frutales, cultivo de yuca y el cultivo del plátano entre otros. Estos sistemas de siembra redundarían en un ingreso adicional para el productor si se asocia a una industria del cultivo (IIAP 2011).

Las poblaciones antiguas utilizaron las plantas para mantener su salud y bienestar, entre ellas el pichichio (León 1987, Pérez 2001, González y Morales 2005, Huayhua y Nina 2009). Esta planta también se utiliza como insecticida, repelente de insectos, herbicida y otros (Huayhua y Nina 2009,

Barahona y Guevara 2007, González y Morales 2005, Otoya 2014, Pérez 2001, Pimentel 2014 y Blanco-Metzler 2007). Es reconocida también por la presencia de altos contenidos de metabolitos secundarios, por eso se encuentra dentro de las plantas que tienen gran interés comercial para la química orgánica y la agricultura. Los metabolitos secundarios se concentran en los diferentes órganos de la planta, con predominancia en semillas y frutos, las concentraciones varían en el transcurso de sus etapas fisiológicas. En la madurez se encuentran componentes como: catequinas, cardiotónicos, taninos, alcaloides, alcaloides esteroidales, glucoalcaloides, fenoles simples, flavonoides, heterósidos cianogénicos, saponinas, triterpenos, solanina, también contiene solanidina, solasonina y solamargina (Huayhua y Nina 2009, Barahona y Guevara 2007, González y Morales 2005, Otoya 2014, Pérez 2001 y Pimentel 2014).

El contenido de alcaloides de la planta de pichichio es aprovechado en la industria farmacéutica, uno de los más abundantes es la solasonina, que es el compuesto nitrogenado análogo a la diosgenina, materia prima para la producción de anticonceptivos, otros compuestos esteroideos de uso en la industria se encuentran principalmente en las frutas y semillas. Debido a estas propiedades de la planta se debe desarrollar su cultivo junto con su agroindustria (Barahona y Guevara 2007).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adaptación del pichichio bajo condiciones de cultivo en la región Caribe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas de pichichio se propagaron a través de semillas, las cuales fueron cultivadas en bandejas de 49,5 cm de largo, 29,5 cm de ancho y 4 cm de alto con 28 agujeros de 6 cm de diámetro, en los agujeros se colocaron recipientes con un volumen de 80 ml. Se utilizó un sustrato de tierra y fibra de coco (1:1), que permitió un adecuado desarrollo de las plántulas por su capacidad de retención de humedad, textura y porosidad, logrando una buena distribución de las raíces y formación del adobe (Richmond 2010). Las plantas permanecieron en vivero (almácigo) un periodo de

seis semanas y alcanzaron una altura promedio de 10 cm. La nutrición de las plántulas durante la fase de vivero se realizó al suelo con una solución de 10-30-10 (10 g/l) cada dos días durante las dos primeras semanas y luego, con una solución de 12-11-18+3MgO+8S (10 g/l).

La preparación del suelo se inició limpiando el terreno, eliminando troncos, arbustos y piedras. Luego, se hicieron dos ciclos de arado y se elaboraron lomillos de 30 cm de altura espaciados a 1 y 2 m de acuerdo al método de siembra de doble hilera.

El trasplante se realizó en setiembre del 2012, en la Estación Experimental Los Diamantes en Guápiles, provincia de Limón, situada a 249 msnm. En un terreno plano de textura liviana a moderada y con condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades agrícolas en cuanto a suelo y relieve (Araya y Marín 2011). El rango de temperatura anual fue de 24 a 28 °C y una precipitación anual de 2800 mm. De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida propuesto por Holdridge, la estación se encuentra en una zona de transición entre el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y el Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) (Bolaños *et al.* 2005). De acuerdo con el análisis químico, el suelo presenta un nivel de fertilidad moderado para la agricultura: Al: 0,45, Ca: 2,5, Mg: 0,5, K: 0,11 cmol/l, P: 3,0 y Fe: 28 mg/l y un pH de 5,4.

El cultivo se realizó utilizando un sistema de doble hilera, en donde las plantas se trasplantaron en hileras separadas por 1 m y a una distancia entre plantas de 1 m, dejando un espacio entre cada par de hileras de 2 m. Las plantas se sembraron en hoyos de 10 a 15 cm de profundidad y se abonó al fondo con 200 g de cerdaza fermentada. Este arreglo espacial permitió dejar bandas anchas por donde los trabajadores se movilizaron para realizar las prácticas de manejo del cultivo. El método de siembra utilizado alcanzó una densidad de 6600 plantas por hectárea.

La fertilización del cultivo se hizo en forma fraccionada hasta el séptimo mes. En el primer mes se aplicaron 87 kg/ha de Fosfato mono amónico (MAP) y del segundo al séptimo mes se aplicó Nitrato de amonio 39 kg/ha, Fosfato mono amónico (MAP): 19 kg/ha y K-Mag: 136 kg/ha. El manejo del cultivo incluyó un seguimiento para determinar presencia de plagas, así como el manejo de arvenses de acuerdo a las necesidades de la plantación, lo que se hizo en forma manual entre plantas y con la ayuda de una motoguadaña entre calles.

Los frutos se cosecharon en forma manual y el cálculo de rendimiento por hectárea se estimó considerando una pérdida del 30 % de plantas, debido a factores como sombra, daños mecánicos y clima.

Para la extracción de las raíces se dejó parte del tallo de la planta para poder manipularlas y con la ayuda de palín y pala se procedió a aflojar el suelo de la circunferencia de la planta en un radio de 50 cm. Una vez extraída la planta se cortó la base del tallo y las raíces se depositaron en fardos, para su posterior traslado al centro de procesamiento. Se realizó el lavado del material para eliminar materia extraña y los residuos del suelo. Una vez limpias las raíces se pesaron y luego se picaron finamente en trozos iguales o inferiores a 4 o 5 cm, para facilitar el secado del producto y su posterior molienda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La planta de pichichio es de ciclo anual y presenta sus primeras flores a partir del tercer mes del trasplante del cultivo. La floración y el desarrollo del fruto ocurrieron durante los meses cuarto, quinto y sexto. En el séptimo mes ya algunos frutos han alcanzado su pleno desarrollo. El sistema radicular abarcó un radio promedio de 1 m y 40 cm de profundidad. Esta es una de las características de la planta por lo cual requiere suelos con textura media y buen drenaje superficial.

Los frutos se seleccionaron para la corta cuando alcanzaron una coloración anaranjada. Los cuáles en su mayoría fueron sanos y sin daños de plagas (Figura 1A). La cosecha se realizó a partir del octavo mes dado que las plantas mostraban frutos maduros y se mantuvo hasta el mes doce cuando alcanzaron la senescencia. Posterior a la

cosecha, se procedió a efectuar en forma manual la extracción de las semillas, las cuales se lavaron para la eliminación del mucílago que las recubría, luego se colocaron sobre bandas de papel periódico para su secado a temperatura ambiente y protegidas de la luz directa. Una vez secas se almacenaron en envases de vidrio color ámbar, para protegerlas de la radiación ultravioleta, se colocaron sobre estantes en un área de bodega protegida del sol y la humedad. La producción fue de 44,62 t ha⁻¹ correspondiendo a un total de 291 060 frutos, con un promedio de 63 frutos y 250 semillas por planta. Este rendimiento es similar al reportado por Otoyá 2014 que obtuvo un peso en frutos de 38 t ha⁻¹. Las raíces frescas alcanzaron una producción de 972 kg ha⁻¹ y un peso promedio por planta de 210,3 g, una vez secas el peso promedio fue de 48,4 g por planta.

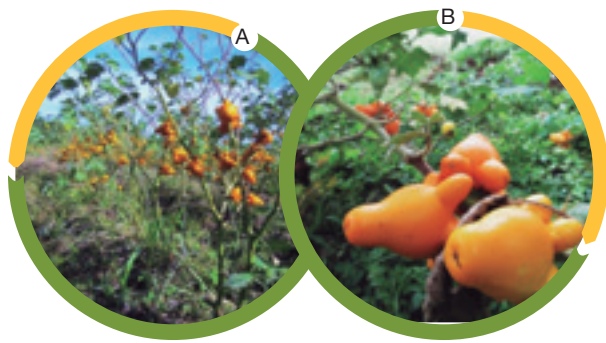


Figura 1. A: plantas de pichichio con 11 meses de crecimiento, B: detalle de los frutos maduros. Guápiles, Limón. 2013.

Los resultados que se obtuvieron y el desarrollo del cultivo a través de todo su ciclo evidencian que la región Caribe posee características ecológicas y climáticas que benefician el desarrollo del pichichio.

LITERATURA CITADA

- Araya, E; Marín, M. 2011. Informe de levantamiento cartográfico en la Estación Experimental Los Diamantes. San José, Costa Rica, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 53 p.
- Araya, M. A. 2011. Guía para el cultivo de Pichichio, *Solanum mammosum* L. Turrialba, Costa Rica. Hacienda Tayutic S.A. Mimeografiado.
- Barahona, E; Guevara, B. 2007. Determinación de Alcaloides Esteroidales en extracto alcohólico del fruto de *Solanum mammosum* (chichigua) por cromatografía de capa fina. Tesis Lic. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de el Salvador. 90 p.
- Blanco-Metzler, H. 2007. Manejo de *Cholus pili-cauda* (Coleoptera: Curculionidae) en flores de ginger (*Alpinia purpurata*). *Agronomía Costarricense*. 31(1):95-100.
- Bolaños, R; Watson, V; Tosi, J. 2005. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical. Escala 1:750000.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, PE). 2011, Plantas medicinales de la amazonia peruana. Estudio de su uso y cultivo. Perú. 322 p.
- León, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. San José, Costa Rica. IICA. 445 p.
- Huayhua, K; Nina, S. 2009. Acción antimicrobiana del própolis de *Apis mellifera* L. y de *Solanum mammosum* L. (teta de vaca) contra microorganismos de la cavidad oral (*Streptococcus mutans* y *Streptococcus mitis*) *Ciencia y Desarrollo*. 10:11-22.
- Otoya, HL. 2014. Manejo de dos densidades de siembra y podas en la producción de *Solanum mammosum* L. (teta de vaca) y determinación de las propiedades insecticidas en los frutos. Tesis Lic. Trujillo, Perú. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego. 86 p.
- Pérez, M. 2001. Estudio de la Etnobotánica Médica Man en los Municipios de Todos los Santos Cuchumatán, San Juan Atitán, San Rafael Petzal y Chiantla del Departamento de Huehuetenango. Tesis Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 255 p.
- Pimentel, L. 2014. Caracterización agronómica de *Solanum mammosum* y evaluación *in vitro* de su efecto insecticida sobre la broca del café (*Hypothenemus hampei*; Coleoptera). Tesis Lic. Guatemala. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. 51 p.
- Richmond, F. 2010. Evaluación de materias primas para la producción de almácigo para tomate. *Agronomía Costarricense*. 34(1):85-91.

ANÁLISIS Y COMENTARIO

EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y ABSORCIÓN DE CARBONO EN FINCAS GANADERAS

Sergio Abarca Monge¹

RESUMEN

Emisión de gases de efecto invernadero y absorción de carbono en fincas ganaderas. El objetivo del presente trabajo es estimar el potencial de reducción de GEI y absorciones de la actividad ganadera bajo las condiciones en que se realiza en Costa Rica. Se observa que el proceso con mayor emisión es la fermentación entérica. La segunda fuente de emisión es la de óxido nitroso por la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los sistemas de leche; mientras que en los sistemas de carne lo constituye el consumo de combustibles fósiles. En relación con las remociones de carbono, el suelo bajo pasturas bien manejadas es el principal sistema de almacenamiento de carbono. En términos del balance entre emisiones y remociones, las fincas de ganadería de carne presentan mayor potencialidad para alcanzar la carbono neutralidad.

Palabras clave: Emisiones, absorciones, GEI, calentamiento global.

INTRODUCCIÓN

La evidencia científica indica que el clima en la Tierra está cambiando, el planeta experimenta un calentamiento acelerado. La temperatura promedio mundial se ha incrementado alrededor de 0,8 °C desde principios del siglo pasado (IPCC 2014); no obstante otras variables también están cambiando como son: patrones de lluvia; huracanes y tormentas entre otros (CEPAL 2010). En conjunto a este fenómeno se le conoce como cambio climático global. A finales del año 2015, se tomó un acuerdo mundial para tratar de que la temperatura no llegue a subir hasta 2,0 °C con respecto a los niveles preindustriales (ONU 2015) ya que si se pasa ese umbral puede ser que el clima mundial cambie en una forma que afecte negativamente la vida del planeta.

El calentamiento global se da por el aumento de las concentraciones de gases con efecto invernadero (GEI). Los tres principales por su cantidad lanzada a la atmósfera en las actividades humanas son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Estos tienen diferente capacidad de retener el calor que debería salir al espacio; y se le llama potencial de calentamiento global (PCG). Por ejemplo: el PCG del CO₂ es 1, mientras que el CH₄ y el N₂O tienen 21 y 310 de PCG, de esta forma se ha establecido que: el kilogramo de metano y el de óxido nitroso equivalen a 21 y 310 kilogramos de dióxido de carbono respectivamente y se utilizan las siglas CO₂ e para indicar que se ha hecho la multiplicación (conversión) a dióxido de carbono equivalente (IPCC 2014, IMN 2015).

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. sabarca@inta.go.cr. Oficina INTA/CATIE/FONTAGRO. Turrialba, Cartago.

EMISIONES

Se estima que a nivel mundial las actividades agropecuarias producen el 25 % de las emisiones de gases con efecto invernadero, donde aproximadamente la mitad corresponden directamente a procesos pecuarios. Los bovinos son los animales que producen la mayor emisión por su proceso de digestión (fermentación entérica), donde liberan metano, sumado a su cantidad y distribución geográfica global, dada la privilegiada habilidad de convertir pastos y forrajes en leche y carne (IPCC 2014).

En Costa Rica la producción bovina es la más difundida, aporta aproximadamente el 20 % de las emisiones del país (2,3 millones de toneladas anuales de CO₂ e) por sus procesos de producción. De acuerdo a las estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), órgano adscrito al MAG, la principal fuente de emisión es la fermentación entérica y no la deforestación. Por el contrario, se observa que el ganadero dedica tiempo a la protección de los bosques, la biodiversidad y el agua de sus fincas (CORFOGA-INTA 2013, Abarca 2014 y Abarca *et al.* 2015).

Cuadro 1. Principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Costa Rica.

Fuente de emisión	Leche	Carne
	Emisiones (%)*	
Fermentación entérica	80,8	93
Fertilización nitrogenada	8,7	0
Gestión del estiércol	5,2	1
Combustibles fósiles	3,0	3
Electricidad	0,5	0,01

* Emisiones en % de CO₂ e.

Fuente: Modificado de Corrales 2013, Iñamagua 2014, García 2015, Cordero 2015, Sánchez 2016 y Vega 2016.

ABSORCIONES

Por otra parte, los procesos de absorción de carbono, son aquellos que fijan carbono. Todas las plantas para crecer y reproducirse absorben CO₂ mediante la fotosíntesis, por lo tanto son los únicos organismos que pueden limpiar la atmósfera fijando carbono en sus tejidos. Dos aspectos importantes son la cantidad y el tiempo de retención; por ejemplo una hortaliza captura CO₂, pero en menor cantidad y lo retiene por menos tiempo que un árbol. De este último podemos decir que almacena el carbono en la madera (tejido leñoso) y que el 50 % de su peso seco lo constituye el carbono que ha acumulado por años; y como todo ser vivo a medida que reduce su crecimiento también baja su tasa de remoción de carbono de la atmósfera. Por lo tanto, si un ganadero tiene árboles cultivados para madera en su finca, un

beneficio ambiental sería cortarlos cuando lleguen a la madurez, para que su madera sea utilizada en formas que la preserven por más tiempo ya que el carbono seguirá almacenado, mientras siembra más árboles para que continúen fijando carbono.

En relación a los pastos, en la región tropical la mayoría tienen mecanismos de fijación de carbono altamente eficientes en función de la intensidad lumínica, lo que provoca crecimientos de biomasa exuberantes con altas cantidades de carbono, que depende como se manejen las pasturas, se almacenan en el suelo o vuelven a la atmósfera en forma de CO₂. Entonces, los pastizales bien manejados depositan en forma rápida grandes cantidades de carbono en el suelo en forma de materia orgánica.

Las fincas ganaderas pueden absorber carbono por tres procesos, en el suelo de las áreas de pastura cuando se hace un buen manejo de ellas, en los árboles de plantaciones frutales, para madera, cercas vivas y dispersos en la finca y los bosquetes con crecimiento secundario.

Hoy día todo productor pecuario conoce que en su finca se realizan los dos procesos, el de emisión de GEI y el de absorción de carbono. A diferencia del pasado, donde el ganadero era el emisor y el forestal el que fijaba carbono, se conoce que es el criador, engordador y productor de leche el que ha sembrado árboles, cuidado las fuentes de agua y protegido los bosques.

De acuerdo con el Inventario Forestal Costa Rica de 2014, había un 52,4 % del territorio con alguna cobertura boscosa, aproximadamente la mitad son áreas protegidas y la otra mitad son

bosques en propiedades privadas. De acuerdo con el censo agropecuario realizado por el INEC en el año 2014, habían 736 505 hectáreas de esos bosques en fincas agropecuarias (55 % de bosques privados). Así mismo, otros estudios muestran que la cobertura boscosa de las fincas ganaderas es muy buena y que la mayoría no recibe pagos de ningún tipo por esta conservación, dado que son pequeños productores con bosquetes en crecimiento secundario (Emanuelli *et al.* 2015, INEC 2015).

Cuadro 2. Proporción del área de la finca en pastos y bosques en Costa Rica.

Fuente	Tipo de estudio	Pastos	Bosque
		%	
CORFOGA 2012	Encuesta Nacional	63,7	24,2
Abarca <i>et al.</i> 2014	Muestreo fincas Guanacaste	72,3	27,7

BALANCE DE GASES CON EFECTO INVERNADERO Y ABSORCIONES EN LAS FINCAS GANADERAS

De esta forma al balancear las emisiones con la absorción de carbono, conocemos cuanto de la contaminación por gases con efecto invernadero remueve la finca. Si remueve igual o más de lo que emite es carbono neutro. Si después de hacer el balance la emisión no llega a cero se puede iniciar un proceso de reducción de emisiones para alcanzar la neutralidad.

Un ejemplo es el de la finca Santa Fe ubicada en Turrialba, dedicada a la cría de animales de la raza Brahaman y que logró la certificación de la carbono neutralidad.

Cuadro 3. Balance de GEI para la carbono neutralidad de la finca Santa Fe en Turrialba, Costa Rica.

Emisiones anuales							
Año	Fermentación entérica	Combustible	Compost	Excretas en pastoreo	Laguna oxidación	Electricidad	Total
2012 (i-1)	63,49	4,12	1,55	0,73	0,4	0,008	70,30
2013 (i)	56,81	0,57	0	0,68	0,4	0,015	58,47
2014 (i+1)	66,14	0,57	0	0,80	0,4	0,006	67,91

Reducciones anuales respecto año base (2012)							
2013 (i)	-6,69	-3,55	-1,55	-0,048	0	0,007	-11,83
2014 (i+1)	2,65	-3,55	-1,55	0,068	0	-0,002	-2,39

Remociones anuales con respecto al año base (2012)				
	Bosque secundario	Árboles en pastos	Carbono en suelos	
2013 (i)	-13,20	-16,20	-135,51	-164,91
2014 (i+1)	-13,20	-16,20	-135,51	-164,91

C-Neutralidad a partir del año base (2012)	
2013 (i)	-106,44
2014 (i+1)	-97,00

COMO SE HACEN LAS REDUCCIONES DE GEI

Las reducciones de gases de efecto invernadero se hacen a través del mejoramiento en el uso de la energía (fósil, biológica, eléctrica y cualquier otra utilizada en los procesos de producción). Por ejemplo: la emisión de metano por fermentación entérica de una vaca lechera varía en Costa Rica entre 200 y 400 g/día, dependiendo de su producción y proporción de los componentes de los sólidos totales. Entonces una vaca que produce 5 kg leche/día emite 40 g CH₄/kg de leche, mientras una vaca de 23 kg leche/día emite

17 g CH₄/kg de leche. Entonces si se producen 100 kg de leche/día se ocupan 20 vacas de 5 kg con una emisión de 4,0 kg de metano (84 kg CO₂ e) pero si lo producimos con vacas de 23 kg solamente ocupamos 5 vacas con una emisión de 2,0 kg (42 kg CO₂ e). Las vacas más productoras necesitan alimentos de mejor calidad y hacen un uso más eficiente de la energía consumida en la dieta. Otras formas de reducción son: tener la menor cantidad de vacas secas y estrictamente los reemplazos necesarios.

LOS ACUERDOS INTERNACIONALES Y FONDOS MUNDIALES

Es necesario conocer la capacidad que tendrían los productores para introducir en sus sistemas de registro la medición de gases de efecto invernadero y absorciones de carbono, con el fin de conocer y estimar el nivel o rango de emisiones netas requeridas por unidad de

producto. Esto podría demostrar técnicamente en el comercio, que hay una diferencia menos favorable de la leche nacional con respecto a otros competidores de productos similares pero menos amigables con el ambiente. Lo cual ligado al acuerdo de París recientemente aprobado en su

acción reforzada en el periodo anterior al 2020, reconoce el valor social, económico y ambiental de las medidas de mitigación voluntarias y los beneficios secundarios que reporten para la adaptación, la salud y el desarrollo sostenible. Lo anterior podría dar un alineamiento con el acuerdo de obstáculos al comercio de la Organización Mundial del Comercio (OMC 2016) y de los tratados de libre comercio que el país ha suscrito.

En conclusión, existe una base de conocimiento adecuada sobre las emisiones de GEI y absorciones de carbono en la ganadería nacional. No obstante, es necesario pasar de las normas ambientales de aplicación discrecional y nivel represivo, a un sistema más transparente y de mayor consulta y participación real, que generen los espacios de confianza en los sectores productivos para potenciar y aprovechar las ventajas de una producción pecuaria sostenible.

LITERATURA CITADA

Abarca, S. 2014. Servicios Ecosistémicos en Fincas Ganaderas. Biodiversidad: Fauna (en línea). Horizonte Lechero. 3 ed. Año 5. Consultado 19 may. 2016. Disponible en https://issuu.com/proleche/docs/revista_horizonte_diciembre_2014

Abarca, S; Ramírez, S; Soto, R. 2015. Calidad microbiológica del agua de bebida de los bovinos en fincas de cría (en línea). Revista UTN. 72 ed. Año XVII. Consultado 19 may. 2016. Disponible en <http://atenas.utn.ac.cr/images/revista/utn%20informa%2072.pdf>

Abarca, S; Soto, R; Montenegro, J. 2014. Determinación del carbono retenido en el componente leñoso de fincas con acciones en agricultura sostenible en la Región Chorotega. In: Informe del Proyecto de Agricultura Sostenible MAG/BNCR. Guanacaste, Costa Rica. INTA/MAG. 20 p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2010. La Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe (en línea). Consultado 19 may. 2016. Disponible en http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2974/S2010992_es.pdf?sequence=1

Cordero, LA. 2015 Evaluación de la captura de carbono y de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un sistema de ganado bovino para leche en el cantón de Puriscal. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 108 p.

CORFOGA (Corporación Ganadera, CR). 2012. Informe Encuesta ganadera (en línea). Consultado 11 may. 2016. Disponible en: <http://corfoga.org/2012/wp-content/uploads/2012/09/Informe-Preliminar-de-Muestreo-Ganadero.pdf>

CORFOGA (Corporación Ganadera, CR); INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, CR). 2013. Valoración de Servicios Eco-sistémicos en Fincas Ganaderas de Cría. San José, Costa Rica. CORFOGA. p. 7-10.

Corrales, JA. 2013. Estimación del Balance de gases de efecto invernadero (GEI) en dos fincas en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Limón, Turrialba. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Sede del Atlántico. 92 p.

Emanuelli, P; Milla, F; Duarte, E; Emanuelli, J; Jiménez, A; Chavarría, MI. 2015. Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015 (en línea). San José, Costa Rica. Programa REDD/CCAD-GIZ-SINAC. Consultado 19 may. 2016. Disponible en http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=9

García, K. 2015. Propuesta de alternativas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) para los sistemas lecheros de San Joaquín de Tuis, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. San José, Costa Rica. Universidad Nacional. 79 p.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR) 2015. Factores de emisión. 5 ed (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 19 may. 2016.

Disponiblenen<http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/factoresemision-gei-2015.pdf>

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 19 may. 2016. Disponible en <http://www.inec.go.cr/A/MS/Censos/Censo%20Agropecuario/Publicaciones/04.%20Presentaci%C3%B3n%20de%20los%20Resultados%20Generales,%20Mayo%202015.pdf>

IPCC (Grupo Intergubernamental De Expertos Sobre El Cambio Climático, CH). 2014. Cambio Climático 2014. Informe de síntesis (en línea). Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

Iñamagua, AP. 2014. Estrategias de alimentación, emisiones de gases efecto invernadero y relación ingresos-costos de alimentación asociados a la producción de leche en fincas productoras de leche de la Cooperativa Dos Pinos, en Costa Rica. Tesis Mag. MSc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 77 p.

OMC (Organización Mundial del Comercio). 2016. Obstáculos Técnicos al Comercio (en línea). Consultado 19 may. 2016. Disponible en https://www.wto.org/spanish/tratop_s/tbt_s/tbt_s.htm

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2015. Aprobación del Acuerdo de París. Convención Marco Sobre Cambio Climático (en línea). Consultado 19 may. 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

Sánchez, W. 2016. Evaluación de pastos y forrajes para la mejora de la alimentación de las vacas lecheras en la zona alta de Costa Rica. Tesis Doctoral. España. Universidad de Zaragoza. 245 p.

Vega, A. 2016. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica. Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 138 p.

NORMATIVA PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ALCANCES TECNOLÓGICOS

ASPECTOS GENERALES

La edición de la revista es una de las actividades relevantes del área de transferencia de tecnología del INTA de Costa Rica, por lo que se publicará un número cada dos años. Únicamente se aceptarán aquellos artículos que no hayan sido publicados en otra(s) revista(s). La revista tiene carácter técnico-científico y en ella se pueden publicar diferentes tipos de documentos.

Artículos formales

Se refiere a una investigación profunda y detallada con todos los elementos de un artículo científico (resumen, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión y literatura citada). Se debe demostrar la profundidad del estudio y resaltar los méritos del trabajo para su publicación en una revista científica. La extensión máxima es 30 páginas en Microsoft Word a espacio sencillo y con tipografía Arial 12.

Comunicaciones cortas

Son resultados preliminares de urgencia e interés. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo formal, debe contener introducción y resultados. Extensión máxima 10 páginas en Microsoft Word.

Notas técnicas

Se refiere a la publicación de técnicas o metodologías innovadoras. La extensión máxima es de 15 páginas en Microsoft Word.

Revisiones bibliográficas

Son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés en las ciencias agrícolas. Extensión máxima 10 páginas en Microsoft Word.

Análisis y comentarios

Es el análisis de una situación específica, realizado por un especialista con reconocida trayectoria en el campo. Extensión máxima 10 páginas en Microsoft Word.

Informaciones técnicas

Están enfocadas en aprovechar la amplia experiencia de un experto en un campo específico (Araya 2013). Extensión máxima 15 páginas en Microsoft Word.

PROCEDIMIENTOS

1. La recepción o no de los escritos será competencia del Comité Editorial del INTA, el cual hará una valoración inicial de acuerdo a las normas y procedimientos para la publicación de documentos en la revista Alcances Tecnológicos del INTA.
2. Para aceptar o no la publicación, el Comité Editorial somete los artículos a revisión. Para esto dispone de una lista de revisores la cual se puede observar en la página 77 de este número.
3. Los artículos son revisados por tres especialistas, dos del INTA (revisores internos) y otro de otra institución (revisor externo).
4. Los especialistas anotan las observaciones en el documento y sugieren o no la publicación.
5. Si los autores no aceptan las sugerencias de los especialistas, deben enviar una nota al Comité Editorial explicando las razones; el Comité Editorial elegirá otro especialista, el cual fungirá como árbitro.
6. Los revisores internos tendrán un plazo máximo de un mes para entregar las publicaciones revisadas con un informe escrito de las mismas. A los revisores externos se les sugerirá el mismo tiempo para revisarlo.
7. Cuando el artículo es devuelto por los revisores, quien edita dispondrá de ocho días hábiles para enviarlo a los autores con una nota en la que se indican las correcciones respectivas. Por su parte, los autores contarán con un plazo máximo de 15 días hábiles para hacer las correcciones y devolverlo, al editor/a.
8. Una vez que el artículo es revisado y corregido, lo cual es corroborado por el Comité Editorial, se autoriza su publicación.
9. Luego de aprobada la publicación del artículo por el Comité Editorial, los autores y co-autores deben revisar exhaustivamente todo el texto, para consentir su publicación.
10. En la redacción de los artículos se deben utilizar las normas de la Real Academia Española y las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal.

Las unidades no llevan punto, se escriben con minúscula y no tienen plural. Algunos ejemplos son: kilogramo (kg), gramo (g), metro (m), hectárea (ha), milímetro (mm), miligramo (mg), litro (l), metros sobre el nivel del mar (msnm), elementos (N, P entre otros), compuestos químicos (como por ejemplo: NaOH, NaCl).
 - Cuando las unidades no están precedidas por un número, se expresan por su nombre completo sin utilizar su abreviatura. Por ejemplo: metro en lugar de m.
 - Los decimales se indican con coma; los miles y los millones con un espacio. Ejemplo: 8 327 451,25. Los números de cuatro cifras se escriben sin espacios. Ejemplo: 2458.
 - En el caso de los números del cero al nueve, cuando no van seguidos de unidades, se escriben con palabra; y números para valores iguales o mayores a diez.
11. Cuando en los artículos se citan productos de origen químico o biológico, se deben utilizar solamente los nombres genéricos. Ejemplos: Terbufos, Oxidemeton Metil. No se acepta el uso de nombres comerciales excepto en el caso que sean formulaciones particulares que influyan en los resultados. Además los productos mencionados deben estar registrados y aprobados para el cultivo en la base de datos del Registro de Insumos y Fiscalización del Servicio Fitosanitario del Estado.
12. Los cuadros y figuras que no son propiedad del autor, deben llevar fuente.

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

Título

Tiene que ser breve, específico y resumido. No más de 14 palabras. Indicar los nombres científicos en cursiva y negrita (cuando el nombre común no es muy conocido), en el texto solamente en cursiva. Las palabras del título no se repiten en las palabras clave. También se debe utilizar un título resumido (máximo ocho palabras) en la parte superior de cada página.

Lo que no se usa en los títulos (Araya 2012)¹.

- Estudio sobre...
- Informe de...
- Investigación acerca de...
- Contribución a...
- Resultados de un estudio sobre...
- Análisis de los resultados...

Los nombres científicos (género, especie, cultivar y el nombre del clasificador) deberán ser citados para cada organismo en su primera mención, posteriormente se puede continuar usando el nombre común. Se escriben con letra cursiva.

Autor(es)

Se consideran autores los individuos, o entidades responsables de los contenidos intelectuales de las publicaciones.

El orden en el que se mencionan va de acuerdo con su contribución y aportes en la investigación y se colocan debajo del título. Con una nota al pie de página indicando la institución para la cual labora el (los) autor (es). Se omiten los grados académicos del (los) autor (es). Se deben indicar la dirección postal y la electrónica.

Resumen

Se coloca después del nombre de los autores y presenta en forma concisa el mensaje del artículo, describiendo brevemente los materiales y condiciones más relevantes del experimento. Debe indicar el año y lugar, los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes. Las oraciones usadas deben ser racionales, objetivas y justificar el porqué de la investigación y el objetivo, evitando describir directamente los materiales y métodos. La extensión no debe exceder las 250 palabras. Debajo del resumen se colocan las palabras clave.

Introducción

Define el problema que motiva la investigación y al final de esta sección se indican los objetivos o razones del estudio. Pueden incluirse citas bibliográficas para ayudar a la definición del problema y del trabajo. La extensión de ésta se recomienda sea de aproximadamente 350 palabras (MAG 1990).

Materiales y Métodos

Describen en forma bien detallada la ubicación, la fecha de inicio y término, el ambiente, los materiales, las técnicas, los tratamientos, el diseño experimental, los análisis estadísticos y las variables a evaluar expuestas con suficiente claridad para que otros científicos puedan repetir el estudio. Si el método es muy conocido, solamente se incluyen referencias bibliográficas aclaratorias; si es nuevo o modificado se debe escribir nuevamente. Escribir en orden cronológico (MAG 1990).

¹ Araya, R. 2012. Lo que no se usa en los títulos (entrevista). San José, Costa Rica. Comunicación Personal.

Resultados y Discusión

Se recomienda que ambas partes vayan juntas. Los resultados describen la información generada por la investigación; debe escribirse en forma concisa y siguiendo una secuencia lógica, usando cuadros y figuras, a los cuadros se les debe indicar su enunciado en la parte superior y a las figuras en la parte inferior, en ambos casos, si no son propiedad del autor se les debe anotar la fuente. Las fotografías, se anotan como figuras y su numeración se debe ajustar a la misma secuencia. Los cuadros se presentan sin divisiones internas. Los cuadros y figuras deben estar ubicados donde se mencionan, deben ser auto explicativos y la información debe presentarse en forma completa, clara y concisa, de tal forma que no se tenga que recurrir al texto para entender el resultado presentado. Los decimales se deben usar cuando sea justificado, si no, se debe redondear apropiadamente. Además de la descripción del contenido de la figura, en el título debe contener el lugar y el año en que se hizo el trabajo de investigación.

En la discusión no se debe abusar de la estadística, debe usarse como una herramienta para probar la(s) hipótesis propuesta(s), con una base objetiva. Suministrar la significancia de las pruebas.

Se discutirán los resultados obtenidos, comparándolos con otros trabajos afines para dar interpretaciones o hacer deducciones lógicas sobre las diferencias o concordancias encontradas.

En la discusión se debe explicar hasta qué punto los resultados obtenidos contribuyen a la solución del problema (limitantes) y qué puede traducirse en recomendaciones, aplicaciones, sugerencias e hipótesis (MAG 1990).

Conclusiones

Van incluidas en la discusión.

Referencias bibliográficas (Literatura citada)

La lista de la literatura citada debe estar conformada por no menos de diez citas bibliográficas recientes (90 % de los últimos 10 años) y se deben utilizar las NORMAS DE REDACCIÓN (IICA-CATIE) en su 4 edición.

Libros y Folletos

La portada es la fuente principal de la información para redactar la referencia, sin embargo, hay otras partes como la cubierta, la falsa portada, el colofón, la solapa, la introducción y otros.

Los elementos son:

Autor(es). Año de publicación. Título: Subtítulo. Mención del traductor y /o editor. Edición. Ciudad y/o país de publicación en caso necesario, Casa editora. Páginas o volúmenes (Mención de serie).

Crosby, PB.1990. Dinámica gerencial: el arte de hacer que las cosas ocurran. México, DF, Mc Graw-Hill.272p. (Serie de Administración).

Tesis

Se elabora de la misma forma que la de los libros y folletos, pero después del título se anota la palabra Tesis seguida del grado académico en forma abreviada, en el idioma en que está escrita la tesis.

Autor (es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del grado académico. Ciudad y país donde se ubica la institución, Nombre de la institución que otorga el grado. Páginas.

Yah Correa, E. V.1988. Crioconservación de suspensiones celulares embriogénicas de

Musa spp iniciadas a partir de flores inmaduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p.

Conferencias, Congresos, Reuniones y otros

Los informes, memorias, actas, resúmenes de las conferencias, congresos, reuniones, simposios, nacionales e internacionales se anotan por el mismo nombre de la conferencia, congreso, o reunión.

Los elementos son:

Nombre del evento (número, año de realización, lugar donde se realizó). Año de publicación. Título. Mención del Editor (es). Ciudad y país de publicación, Casa editorial. Páginas o volúmenes.

Regional Workshop Needs and Priorities for Forestry and Agroforestry Policy Research in Latin América (1993 San José, CR). 1994. (Report). Eds. M Alfaro, R de Camino, M. I. Mora, P Oram. San José, CR, IICA. 298 p.

Analíticas

Obra colectiva

Es la referencia biográfica de un trabajo escrito por un autor en un documento editado o compilado por otro(s) autor(es) tal y como es el caso de las conferencias, reuniones o congresos.

Los elementos son:

Autor, Año de publicación. Título del trabajo consultado. Preposición latina In, la referencia bibliográfica completa de la fuente que lo contiene, con las páginas iniciales y finales de la parte analizada sin mencionar nuevamente el año de publicación.

Mortimer, A.M. 1990. The biology of weeds. In Hance, JR; Holly, K. eds. Weed control handbook: principals. 8 ed. Oxford, GB, British Crop Protection Council. p. 1-42.

Santos Pereira, H dos. 1997. Brasil. In Reunión de los puntos focales de los Programas forestales nacionales de América Latina y el Caribe (1997, Brasilia, DF). Memoria. Santiago, CL. p. 49-56.

Trabajo de un autor en su propia obra

La redacción de la referencia bibliográfica de una parte o capítulo con título específico escrito por un autor en una obra propia, tiene los elementos siguientes:

Autor. Año de publicación. Título de la parte o capítulo. Preposición In y los datos que incluye la referencia bibliográfica completa del libro o folleto sin mencionar nuevamente el autor ni el año de publicación. El autor se vuelve a mencionar en el caso que la publicación contenga más de un autor o un editor.

Phetig, R. 1994. Valuing the environmental methodological and measurement issues. In Ecological dynamics and the valuation of environmental change. Dordrecht, kluwer. p. 3-22.

Mugabe, J.; Otieno-Odek, J. 1997. National access regimes: capacity building and policy reforms. In: Mugabe, J; Barber, CV; Henne, G; Glowka, L. eds. Access to genetic resources. Nairobi, ACTC. p. 95-41.

Publicación periódica

Es aquella obra editada por lo general con título distintivo, en fascículos o partes a intervalos regulares, en orden numérico o cronológico y que pretende continuar indefinidamente. Incluye trabajos sobre temas diversos en un solo ejemplar, con la colaboración de varios autores (revistas, periódicos diarios).

Revistas

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título del artículo. Nombre de la revista Volumen de la revista (Número de la revista): página inicial y final del artículo.

El volumen y el número se mencionan en números arábigos.

Singh, CK.; Grewal, GS. 1998. Detection of rabies in central nervous system of experimentally infected buffalo calves. Indian Journal of Animal Sciences 68(12):1242-1254.

Sin volumen y sin número

Se recurre a algún elemento que pueda ayudar a su identificación, como son los meses o las estaciones del año.

Powles, H. 1987. Fencing off fish. Caribbean Farming feb. 1987. 13, 21.

Con volumen sin número

Si la revista tiene solamente el volumen se indica dicho dato, sin ninguna abreviatura.

Pierce, F. 1999. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy 67:1-58.

Sin volumen con número

Se utiliza la abreviatura "no" antes de dicho número.

Chamorro-Trejos, G. 1993. Zoca de café intercalada con nogal. Bosques y Desarrollo no. 9:46-49.

Periódicos o diarios

Elementos:

Autor(es). Año de publicación del periódico. Título del artículo. Nombre del periódico, Ciudad de publicación, país abreviado, mes abreviado. Día: página.

Méndez, W. 1998. Prometen apoyo a cooperativismo. La Nación, San José, CR, ene.8:6A.

Separatas

La cita se hace según las normas establecidas para cada tipo de material. La fuente donde fue originalmente publicado el trabajo debe indicarse en una nota y en el idioma en que se redacta la bibliografía.

Sánchez, P. 1995. Science in Agroforestry. Nairobi, ICRAF. 50 p. Reimpreso de: Agroforestry Systems 30:5-55.

Materiales cartográficos

Incluyen mapas o atlas de países, regiones, áreas y continentes; mapas o atlas básicos con datos estadísticos; estudios de observación en agricultura; cartas meteorológicas o hidrográficas, fotografías aéreas con fines cartográficos y otros.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título. Edición. Lugar de publicación, Casa editorial. Escala. Paginación. Indicación de color (Serie).

Cortés, G. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, CR, EUNED. Ese. varía. 513 p. Color

COSEFORMA (Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero, CR). Convenio Costarricense Alemán. 1996. Zonas bioclimáticas de la región Huetar Norte de Costa Rica. San José, CR. Esc. 1:200.000. Color.

Material Audiovisual

Materiales gráficos (fotobandas, diapositivas, transparencias, fotografías, diagramas y otros) y colecciones de estos materiales; grabaciones sonoras (cintas, cáseles, discos), microfichas, micropelículas, películas y videograbaciones.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del traductor y/ o editor. Edición. Ciudad

y país de publicación, Casa editora. Descripción física (Mención de serie).

Microficha

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1990. Guidelines for soil profile description (microficha). 2 ed. Roma. 10,5 x 14,5 cm.

Diapositiva

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1990. La investigación silvicultural (diapositivas). Turrialba, CR.110 diapositivas, son. 1 casete (26 min.), color.

Videocinta

Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, MX.1995. La mujer y la Agricultura. Tabasco, MX. (videocasete). 1 videocinta VHS (10:49 min), son., color.

Documentos Electrónicos

Actualmente en forma electrónica se encuentran monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora, etc. Por tanto, se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles (en línea, disco compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas y otros).

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. (Tipo de medio). Edición. Ciudad y país de publicación, Casa editora. Fecha en que se consultó el material para los documentos en línea. Descripción física. Disponibilidad y acceso para los documentos en línea. (Nota de serie).

En línea

Documento disponible en línea a través de los servicios de internet.

Libros

Guzmán, M de. 1993. Tendencias innovadoras en educación matemática (en línea).

Bogotá, Unesco. Consultado 5 ene. 1998. Disponible en <http://www.oel.org.co/oeivirt/edumat.htm>.

Revistas

Rodríguez, I. 1999. Tratamientos del agua potable (en línea). Globo Terráqueo No. 20610. Consultado 10 set. 1999. Disponible en <http://www.interbook.net/personal/jigonzales1set99.htm>

Base de datos

Fundación Arias para la paz y el progreso humano, CR. 1998. Ceiba: base de datos.

ONG centroamericanas, (en línea). San José, CR. Consultado 15 ene. 1998. Disponible en <http://www.arias.or.cr/ceiba>.

Correo electrónico

Núñez, R. 1999. Plan de trabajo SIDALC. (correo electrónico). Santo Domingo, RD, IICA.

Disco compacto

Frater, H; Paulissen, D. 1995. El gran libro de multimedia. México, DF. Computec. 1 disco compacto, 8mm.

Comunicaciones Personales

No deben figurar en la literatura citada, se mencionan en nota al pie de página en el texto de la publicación.

Elementos:

Autor. Año en que tuvo lugar la comunicación. Título de la comunicación. Lugar, e institución donde trabaja el autor. Mención de Comunicación personal.

Aguilar, JF. 1997. Forestería social (entrevista). San José, CR, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

Salazar, F. 1999. Formación de consorcios (correo electrónico). Bogotá. Comunicación personal.

Notas

Son datos suplementarios sobre el contenido o ciertas características especiales de un

documento, que se agregan a la referencia para aclarar y ampliar información cuando es necesario.

Las hay de dos tipos

- Notas de contenido
- Notas sobre las características específicas de la publicación

Trabajos sin publicar

Si un trabajo no se ha publicado o está en proceso de publicación, se agrega la frase:

En prensa o sin publicar.

Somarribas, E. 1997. Shade management in coffee and cocoa plantations. Agroforestry

Systems. En prensa.

Presentación, ordenación y organización de la lista bibliográfica

Se presenta al final del trabajo y se le asigna el título de: Literatura Citada.

Hay diversas formas de organizarla según el uso que se le vaya a dar; sin embargo en los trabajos científicos y técnicos predomina el arreglo alfabético por autor y en orden cronológico por año de publicación iniciando con la más antigua para finalizar con la más reciente.

Citas de un mismo autor publicadas el mismo año

Luna, A. 1995a. El bosque protector. Mérida, VE, Instituto Forestal Latinoamericano. 71 p.

Luna, A. 1995b. Ordenación sostenible de los bosques naturales en Venezuela. Criterio para la evaluación de la ordenación sostenible de los bosques tropicales: caso de Venezuela. Mérida, VE. Instituto Forestal Latinoamericano. 68 p.

Si alguna de las citas de un mismo autor no tiene fecha de publicación, se coloca primero que las demás.

Formas de citar las referencias bibliográficas dentro del texto.

Por cuestiones de ética y derechos de autor todo investigador debe dar crédito de los trabajos que ha utilizado para desarrollar su investigación, facilitando con ello identificar a los autores de

planteamientos y resultados anteriores que fundamentan dicha investigación.

Hay diferentes modos de citación en el texto que varían según las disciplinas. No obstante, en el caso de trabajos científicos y técnicos el que más se emplea es el Sistema autor-fecha. Consiste en referenciar un trabajo, del texto a la lista bibliográfica publicada al final de la publicación, por medio del apellido (s) del autor (es) seguido por el año de publicación.

Cita contextual

En la redacción de cualquier trabajo de investigación se emplea con mucha frecuencia la cita contextual. La cita contextual es aquella en que un autor toma una idea, un resultado o un punto de vista de otro autor y lo presenta en sus propias palabras para reforzar o aclarar su propia investigación. Puede redactarse de dos maneras:

Haciendo énfasis en el autor

Es cuando el nombre del autor va incluido en la redacción del párrafo.

Brenes (1998) ha demostrado que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

Estudios realizados por Brenes (1998) muestran que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

Haciendo énfasis en el texto

Es cuando se redacta el párrafo sin mencionar el autor. Este se indica entre paréntesis al final del párrafo.

Las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos (Brenes 1998).

Ejemplos con variaciones

Publicación con un autor

Finegan (1992) demostró que el rendimiento...

El mejoramiento genético da mejor rendimiento... (Finegan 1992).

Estudios realizados por Rivas Platero (1995) sobre micorrizas...

Avances de investigación en micorrizas... (Rivas Platero 1995).

Publicación con dos autores

En el caso de dos autores de una misma publicación se cita por los apellidos de ambos unidos por la conjunción "y".

Rodríguez y Salas (1993) determinaron que la rentabilidad de los sistemas agroforestales.

Considerando la rentabilidad de los sistemas agroforestales....(Rodríguez y Salas 1993)

Publicación con tres o más autores

En el caso de tres o más autores de una misma publicación se cita por el apellido(s) del primer autor seguido por la expresión latina *et al.* (y otros).

Estudios realizados por Salazar *et al.* (1994) sobre la densidad de adultos virulíferos....

La densidad de adultos virulíferos de Bemisia.... (Salazar *et al.* 1994).

Más de una cita o publicación

Cuando se requiere citar más de una publicación a la vez, se debe separar cada una de ellas por coma (.). Las publicaciones deben mencionarse en orden cronológico por fecha de publicación, de la cita más vieja a la más reciente.

Ruíz (1980), García y Sánchez (1992) y Rojas (1996) analizaron muestras de suelos....

Fertilización con N, P, K aplicadas a muestras de suelos. (Ruíz 1980, García y Sánchez 1992, Rojas 1996).

LITERATURA CITADA

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1999. Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y CATIE. 4 ed. Costa Rica Biblioteca Conmemorativa Orton. p. 25.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1990. Normas para la publicación de artículos científicos en la revista investigación agrícola. Investigación Agrícola. 4(2):3-6.

Araya, R. 2013. Instructivo para los autores. Agronomía Mesoamericana. 24(1):227-232.

REVISORES TÉCNICOS

Nombre	Institución
Agripina Jenkins Rojas	Consultora
Alejandro Zamora Meléndez	UNA
Alfredo Alvarado Hernández	UCR
Alfredo Bolaños Herrera	INTA
Allan González Herrera	UNA
Bernardo Mora Brenes	Consultor
Beatriz Molina Bermúdez	MAG
Beatriz Sandoval Carvajal	INTA
Carlos Boschini Figueroa	UCR
Carlos Cordero Morales	INTA
Carlos Luis Loría Quirós	UCR
Cristina Vargas Chacón	INTA
Danilo Pezo Quevedo	Consultor
Dennis Alpízar Monge	INTA
Francisco Álvarez Bonilla	MAG
Gaudy Ortiz Rivera	INTA
Guillermo Araya Umaña	INTA
German Aguilar Vega	INTA
Helga Blanco Metzler	UCR
Jorge Mora Bolaños	INTA
Juan Mora Montero	INTA
Juan R. Mora Camacho	UNA
Laura Ramírez Cartín	INTA
Luis Alpízar Osés	INTA

Nombre	Institución
Luis Carrera Hidalgo	INTA
Luis D. Monge Montero	Consultor
Manuel Carrera Aguilar	Consultor
María Mesén Villalobos	INTA
Mauricio Chacón Navarro	MAG
Nevio Bonilla Morales	INTA
Pablo Steven Rodríguez Rodríguez	Consultor
Rafael Orozco Rodríguez	UNA
Ramón Mexzón Vargas	UCR
Ricardo Guillén Montero	MAG
Roberto Camacho Montero	Consultor
Roberto Ramírez Matarrita	INTA
Rodolfo Araya Villalobos	Agronomía Mesoamericana
Sayra Munguía Ulloa	Consultora
Sergio Abarca Monge	INTA
Steffany Orozco Cayasso	UNA
Victoria Arronis Díaz	INTA
Walter Peraza Padilla	UNA
William Villalobos Muller	UNA
William Sánchez Ledezma	INTA
William Meléndez Gamboa	MAG
Yannery Gómez Bonilla	INTA

Dirección de la revista:

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sabana Sur, San José, Costa Rica. Dirección electrónica: lr Ramirez@inta.go.cr. Teléfono 2231-3991. Web INTA: www.inta.go.cr y plataforma INTA: www.platicar.go.cr

Perspectiva de la revista

La revista Alcances Tecnológicos se publicó por primera vez en el año 2003 con el objetivo de transferir las opciones tecnológicas generadas y validadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, que es el instituto oficial de investigación en Costa Rica. Actualmente la revista somete a estudio artículos enviados por profesionales del sector agropecuario en general. La revista está dirigida a extensionistas del sector agropecuario, productores líderes, organizaciones de productores, empresas privadas y estudiantes entre otros.

En línea

ALCANCES TECNOLÓGICOS: www.platicar.go.cr



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria