

Respuesta de monocultivos y mezclas de cultivares de Musáceas a la infestación de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleóptera: Curculionidae)

Response of monocultures and mixtures of Musaceae cultivars to the infestation of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae)

Resposta de monoculturas e misturas de cultivares de Musaceae à infestação de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae)

Rey Benavides, Luis Carlos
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
luis.rey2015@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-2494-9346>



Vera Aviles, Daniel Federico
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
dvera@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8875-0193>



Guevara-Santana, Javier
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
fguevara@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



Cabezas Guerrero, Milton Fernando
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
mcabezas@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2814-0067>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/276>

Como citar:

Rey Benavides, L. C., Vera Aviles, D. F., Guevara-Santana, J., & Cabezas Guerrero, M. F. (2023). Respuesta de monocultivos y mezclas de cultivares de Musáceas a la infestación de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleóptera: Curculionidae). *Código Científico Revista De Investigación*, 4(2), 1166–1184.

Recibido: 20/10/2023

Aceptado: 01/12/2023

Publicado: 31/12/2023

Resumen

El uso de la diversidad de cultivares de *Musas sp* es una técnica rentable y respetuosa con el medio ambiente que se está explorando para manejar el picudo negro del plátano y banano, *Cosmopolites sordidus*, la plaga de insectos más importante en las *Musas sp* en Ecuador. Se determinó la respuesta de 5 cultivares de *Musas sp*, al ataque del insecto en parcelas mixtas y parcelas puras o monocultivo. Se utilizó un diseño bloques completamente al azar con 4 repeticiones y 16 tratamientos, se analizó estadísticamente mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), para la significancia estadística. El daño del insecto varió significativamente ($P \leq 0,05$) en parcelas de monocultivos y mezclas en todos los factores de estudio. Los cultivares Orito y Gross Michel se comportaron como resistente al ataque de *C. sordidus*, mientras que los cultivares Maqueño y Limeño como medianamente resistente y al cultivar Barraganete como susceptible. El cultivar de Barraganete considerado como susceptible a *Cosmopolites sordidus* asociado con el cultivar de Orito y Gros Michel disminuye la severidad de infección al Barraganete alcanzando índice de infestación inferior al 10%. El estudio reveló respuestas variadas en los cultivares de *Musas sp* al ataque del picudo negro; con mayores daños registrados en las localidad de El Carmen. Se observó evidencia de mezclas varietales para amortiguar el ataque del insecto en las variedades más susceptibles, pero no en las resistentes, esto implica que el uso de mezclas varietales para manejar plagas de insectos en *Musas sp* es probablemente más relevante en variedades susceptibles que resistentes. Este estudio muestra que la diversidad de variedades de *Musas sp* es una opción prometedora para controlar al picudo negro, especialmente para los pequeños agricultores con recursos limitados que no pueden permitirse el uso de insecticidas.

Palabras clave: Severidad de daño, Resistencia, Combinación de cultivares, Localidades.

Abstract

The use of the diversity of *Musas sp* cultivars is a cost-effective and environmentally friendly technique that is being explored to manage the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, the most important insect pest on *Musas sp* in Ecuador. The response of 5 *Musas sp* cultivars to insect attack in mixed plots and pure plots or monoculture was determined. A completely randomized block design was used with 4 repetitions and 16 treatments, it was statistically analyzed using the Tukey test ($p \leq 0.05$) for statistical significance. Insect damage varied significantly ($P \leq 0.05$) in monoculture plots and mixtures in all study factors. The Orito and Gross Michel cultivars behaved as resistant to the attack of *C. sordidus*, while the Maqueño and Limeño cultivars behaved as moderately resistant and the Barraganete cultivar as susceptible. The Barraganete cultivar considered susceptible to *Cosmopolites sordidus* associated with the Orito and Gros Michel cultivar reduces the severity of infection to Barraganete, reaching an infestation index of less than 10%. The study revealed varied responses in *Musas sp* cultivars to the attack of the black weevil; with the greatest damage recorded in the town of El Carmen. Evidence of varietal mixtures to cushion insect attack was observed in the most susceptible varieties, but not in the resistant ones, this implies that the use of varietal mixtures to manage insect pests in *Musas sp* is probably more relevant in susceptible than resistant varieties. This study shows that the variety diversity of *Musas sp* is a promising option to control the black weevil, especially for smallholder farmers with limited resources who cannot afford the use of insecticides.

Keywords: Damage severity, Resistance, Combination of cultivars, Localities

Resumo

O uso da diversidade de cultivares de *Musas* sp é uma técnica econômica e ecologicamente correta que está sendo explorada para o manejo do gorgulho da bananeira, *Cosmopolites sordidus*, o inseto praga mais importante em *Musas* sp no Equador. Foi determinada a resposta de 5 cultivares de *Musas* sp ao ataque de insetos em parcelas mistas e parcelas puras ou monocultivo. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e 16 tratamentos, analisado estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para significância estatística. Os danos causados pelos insetos variaram significativamente ($P \leq 0,05$) nas parcelas de monocultura e nas misturas em todos os fatores do estudo. As cultivares Orito e Gross Michel comportaram-se como resistentes ao ataque de *C. sordidus*, enquanto as cultivares Maqueño e Limeño comportaram-se como moderadamente resistentes e a cultivar Barraganete como suscetível. A cultivar Barraganete considerada suscetível a *Cosmopolites sordidus* associada à cultivar Orito e Gros Michel reduz a severidade da infecção para Barraganete, atingindo índice de infestação inferior a 10%. O estudo revelou respostas variadas nas cultivares *Musas* sp ao ataque do gorgulho-preto; com os maiores danos registrados na cidade de El Carmen. Evidências de misturas varietais para amortecer o ataque de insetos foram observadas nas variedades mais suscetíveis, mas não nas resistentes, o que implica que o uso de misturas varietais para controlar pragas de insetos em *Musas* sp é provavelmente mais relevante em variedades suscetíveis do que resistentes. Este estudo mostra que a diversidade varietal de *Musas* sp é uma opção promissora para o controle do gorgulho preto, especialmente para pequenos agricultores com recursos limitados que não podem pagar o uso de inseticidas.

Palavras-chave: Severidade de danos, Resistência, Combinação de cultivares, Localidades

Introducción

En Ecuador el cultivo de plátano difiere enormemente de la “Industria del Banano” que cubre una superficie de 173 706 has con una producción de 6 505 635 t ha⁻¹ que se maneja con planes de fertilización, tecnología de punta y casi únicamente con una variedad (Cavendish). La superficie de plátano es de 125 568 has con una producción de 651 968 t ha⁻¹. La explotación de plátano se inicia como un rubro de seguridad alimentaria, tornándose progresivamente una fuente de generación de empleo y divisas. Ocupa entre el 6 al y el 10 % de las tierras utilizables para la agricultura y se caracteriza por la casi total ausencia de tecnología y el uso muy moderado de insumos (MAG, 2019).

El plátano (con todas sus variedades de cocción y comestibles) es una planta monocotiledónea que encajan en la familia Musáceas y se derivan de cruces múltiples de dos especies: *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla. Todos los plátanos son Triploides

AAB o ABB. Los plátanos de cocción más consumidos en el país son Dominico y Barraganete. También a este grupo pertenecen el “Maqueño” y “Limeño” pero estos son cultivados en menor proporción. Gros Mitchell, Cavendish, Morado, y el Orito están entre las bananas comestibles que forman parte del Cinturón platanero y bananero del Ecuador (Suárez et al., 2001).

La principal plaga del plátano y banano en función de los daños causados es *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera, Curculionidae), conocido como el picudo negro, y se encuentra ampliamente diseminado en las regiones productoras. Su difusión es principalmente a través del movimiento de material de siembra infestado. Se sabe que el insecto adulto vive hasta 4 años (Rukazambuga et al., 1998). El daño causado por este insecto es causado por las larvas que perforan el corno, lo que lleva a reducir el tamaño y los pesos de los racimos, la muerte prematura, la madurez tardía, el derrumbamiento, el rompimiento y el acortamiento de vida de la plantación (Gold et al., 2004).

Las mezclas genéticas en forma de mezclas de variedades de cultivos son una técnica en la que la diversidad varietal del huésped restringe la propagación de la enfermedad considerablemente en relación con la media de sus componentes, siempre que los componentes difieran en su susceptibilidad (Wolfe, 1985; 1997; 2011, Mulumba et al., 2012, Tooker y Frank, 2012). Hasta hace poco, hasta ahora se han realizado y documentado estudios limitados sobre la posibilidad de emplear esta técnica o mezclas varietales para manejar la plagas en plataneras, incluyendo *C. sordidus*. Vera et al. (2012) informaron menores niveles de daño del picudo del plátano en los plátanos cultivados en mezclas varietales en comparación con los estratos puros.

Para comprender mejor el papel potencial de las mezclas de cultivares de plátano y banano para el manejo de plagas en pequeños agricultores en Ecuador, realizamos experimentos en dos ambientes distintos para determinar la respuesta de algunas variedades de banano y plátano seleccionadas al ataque de *C. sordidus* en mezclas de cultivares y monocultivos.

Metodología

Descripción del sitio

En 2020 se estableció dos ensayos de campo en zonas productoras de musáceas con distintas condiciones agroclimáticas en la zona central del Litoral ecuatoriano, los datos se muestran en la Tabla 1. Los sitios tienen dos estaciones lluviosas (diciembre-abril y mayo-noviembre). El Carmen ubicado en la provincia de Manabí, se caracteriza por su excelente calidad de plátano barraganete con monocultivos dedicados por más 50 años; su producto tuvo una acogida acelerada por el sector externo. Quevedo ubicado en la provincia de Los Ríos es una excelente zona de producción de banano Williams con 200.000 has en monocultivo donde se utiliza alta tecnología y su destino de producción hacia el mercado externo.

Tabla 1

Principales características agroclimáticas de las zonas.

Parámetros	EL Carmen	Quevedo
Zona ecológica	BH - Tropical	BH - Tropical
Latitud	00° 16' 14" S	1° 5' 12" S
Longitud	79° 29' 12" W	79° 30' 2" W
Altura (msnm)	250	120
Textura	Franco arcilloso	Franco
pH	6,6	6,0
Precipitación (mm)	2860	2064
Temperatura (°C)	max 29,3	30,5
	min 19,7	22,5
Humedad relativa (%)	89	83
Heliofanía (horas luz)	765	863

Nota: Elaborado por los autores

Plantación y manejo del experimento

En las dos localidades de estudio se diseñaron y establecieron parcelas nuevas y similares entre ellas tanto de monocultivos como mezclas (máximo cinco cultivares). El establecimiento de las parcelas se realizó con una población de 1333,33 plantas ha⁻¹ (2,5 m

entre planta x 3,0 m entre hilera) utilizando plantas multiplicadas vegetativamente en invernaderos y con características agronómicas y sanitarias distintas frente a las plagas y enfermedades más habituales de las musáceas las cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Características agronómicas y sanitarias de los cultivares en estudio.

Cultivares	Sigatoka negra	Picudo negro	Nematodos	AP m	DF días	DC días	PR kg
Barraganete (AAB)	Sensible	Sensible	Sensible	2,5	300	415	16
Orito (AA)	Resistente	Resistente	Tolerante	2,5	270	308	10
Gros Michel (AAA)	Tolerante	Resistente	Tolerante	4,0	340	430	23
Maqueño (AAB)	Tolerante	Tolerante	Tolerante	4,0	360	428	23
Limeño (AAB)	Resistente	Tolerante	Sensible	4,0	280	350	20

Nota: AP = altura planta; DF = días a floración; DC = días a cosecha, PR = peso racimo

Las mezclas sembradas fueron de los cinco cultivares con mayor potencial de aceptación por parte de los productores: en El Carmen y Quevedo la variedad predominante local Barraganete que se combina con cuatro cultivares (Orito, Limeño, Maqueño y Gross Michel) con características de tolerancia a los problemas sanitarios prevalentes.

Se tomaron datos de los ensayos realizados en ellas y se compararon las parcelas de monocultivo con las de mezcla, dando lugar a 16 combinaciones de cultivares mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3

Combinación de cultivares usados en los diferentes niveles de mezclas, en función de sus características de resistencia a problemas fitosanitarios y sus características agronómicas.

Nº	Tratamientos (Monocultivos y mezclas musáceas)
1	Limeño + Barraganete
2	Limeño + Orito
3	Limeño + Gros Michel
4	Barraganete + Orito
5	Barraganete + Gros Michel
6	Orito + Gros Michel
7	Limeño (Monocultivo)

8	Barraganete (Monocultivo)
9	Orito (Monocultivo)
10	Gros Michel (Monocultivo)
11	Limeño + Barraganete + Orito + Gross Michel
12	Limeño + Maqueño
13	Maqueño + Orito
14	Maqueño (Monocultivo)
15	Maqueño + Barraganete
16	Limeño+ Barraganete + Orito + Gros Michel + Maqueño

Nota: Elaborado por los autores

Diseño experimental y recolección de datos

La investigación se realizó bajo un arreglo factorial con un diseño de bloques al azar y 4 repeticiones. La combinación factorial se basó en: 2 zonas x 2 épocas x 4 tipos de mezclas de cultivos. Con el objetivo de tener una determinación y comparación de la severidad del daño, se utilizó la escala del coeficiente de infestación Vilardebo, (1973) donde se calcula el porcentaje de tejido perforado por las larvas de *C. sordidus*. Esta escala nos permitió evaluar el daño producido a cada uno de los cultivares determinando la susceptibilidad y resistencia de los mismos. Se contabilizó el número de galerías producidas por las larvas de *C. sordidus* entre los cultivares de musáceas, realizando un corte horizontal-transversal en los cormos de 4 plantas por tratamiento en el momento de la cosecha.

Análisis de datos

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó luego con el procedimiento del modelo lineal general (GLM) del software del Sistema de Análisis Estadístico R Commander (R Development Core Team. 2013). Las medias se separaron mediante la prueba de Tukey al 5%. Dada la naturaleza de este experimento, tratando de racionalizar la información que se deriva de ella, las variables se analizaron desde dos puntos de vista distintos: por un lado, la situación de las mezclas mismo (el diseño incluye el monocultivo o un solo cultivar/parcela, hasta la mezcla de los cinco cultivares, el número de mezclas estará dispuesto de acuerdo al número de componentes o cultivares que lo integren.

Resultados y Discusión

Análisis de varianza combinada en monocultivos y mezclas de cultivares

La respuesta de las 5 variedades de plátano y banano puros y en mezclas al ataque del picudo negro del plátano se resume en la Tabla 3. Nuestros datos muestran que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la respuesta de los cultivares de plátano puro y en mezclas al ataque del picudo del plátano. En general, en las parcelas de monocultivos hubo significancia estadística para todos los factores de estudios incluyendo las interacciones. De acuerdo con el análisis de varianza combinado, el comportamiento de las mezclas estuvo influenciado por los factores de estudios con excepción de los factores Épocas y las interacciones (Ambientes*Épocas) y (Componentes*Ambientes*Épocas).

Tabla 4

Influencia de los niveles de mezclas de cultivares y monocultivos de Musas sp sobre incidencia de C. sordidus.

Factores	Monocultivo			Mezclas		
	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Componentes	2441,30	120,39	<0,0001	270,81	36,12	<0,0001
Ambientes	344,06	16,97	<0,0001	166,52	22,21	<0,0001
Épocas	183,75	9,06	0,0030	0,05	0,01	0,9367
Componentes*Ambientes	175,83	8,67	<0,0001	30,12	4,02	<0,0001
Componentes*Época	68,91	3,40	0,0104	19,53	2,60	0,0045
Ambientes*Épocas	152,19	7,51	0,0007	8,29	1,11	0,3321
Componentes*Ambientes*Épocas	74,84	3,69	0,0005	9,17	1,22	0,2306
Componentes*Ambientes*Años*Épocas	118,07	5,82	<0,0001	20,58	2,75	0,0001
CV (%)	26,19			18,53		

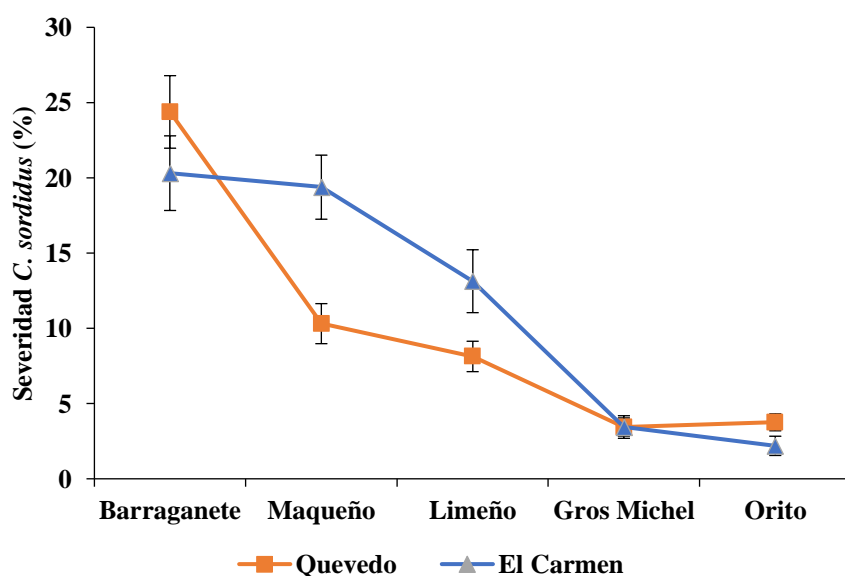
Nota: Resultados del análisis de varianza factorial combinado al comparar los factores Componentes (con dos niveles: Mezclas, 11 y monocultivo, 5); Ambientes (con dos niveles: Quevedo y El Carmen); y Épocas del año (con dos niveles: lluvioso y seco), y sus respectivas interacciones.

Efectos de las localidades en parcelas de monocultivos y mezclas.

De acuerdo con la valoración de la escala de Vilardebo y el análisis de las localidades, en las parcelas de monocultivo el plátano Barraganete (AAB) mostro el nivel más alto de daño al insecto, los daños causados por la larva de insecto variaron de acuerdo con la localidad, siendo más agresivo el daño en Quevedo, seguido por el Carmen, lo que se considera a este cultivar como susceptible, esta información se muestra en la Figura 1. Los cultivares Maqueño y Limeño (AAB), tuvo un comportamiento similar en las localidades en Quevedo con un nivel de infestación moderada (10%), en El Carmen esa infestación se incrementó para ambos cultivares llegando a tener un nivel de daño del 19%. Los cultivares de Orito (AA) y Gros Michell (AAA) presentaron un nivel de infestación de daño relativamente bajo en las dos localidades no superando el 3%, considerando a estos cultivares como resistente a *C. sordidus*.

Figura 1

Comportamiento de los monocultivos de Musas sp frente al índice de severidad de daño de *C. sordidus*, en tres ambientes de estudio, con barras de error estándar

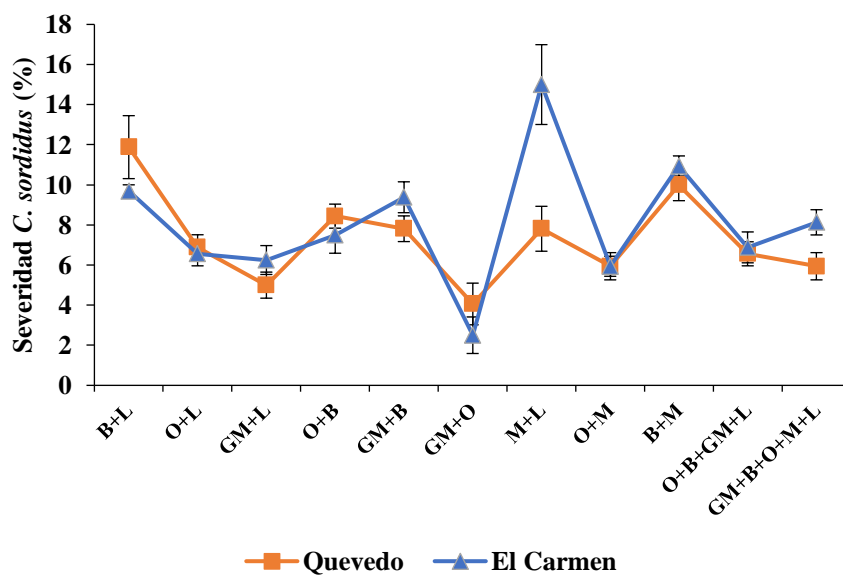


Nota: Elaborado por los autores

En las parcelas de mezclas tuvo un comportamiento similar cada una de las mezclas con un nivel de infestación que no supero el 10%, excepto la mezcla que fue integrada por los cultivares resistente reporto los índices menores de infestación del 2%, también se reportó un incremento del índice de infestación del 15% para la mezcla M+L, en la localidad de El Carmen la información se encuentra en la Figura 2.

Figura 2

Comportamiento de las mezclas de Musas sp frente al índice de severidad de daño de *C. sordidus*, en tres ambientes de estudio, con barras de error estándar.



Nota: Elaborado por los autores

Efectos de las épocas en parcelas de monocultivos y mezclas.

En la Figura 3, se muestra la preferencia del insecto hacia los cultivares en monocultivos evaluados y haciendo uso de la escala de Vilardebo se determinó la severidad del daño producido por *C. sordidus*, al Barraganete el cultivar que presenta el mayor porcentaje de severidad de daño en las dos épocas, el cual tuvo un índice de 22 y 17% para las época lluviosa

y seca, respectivamente, mientras que el Orito y Gros Michel se destaca por tener un índice del 2% de severidad de daño.

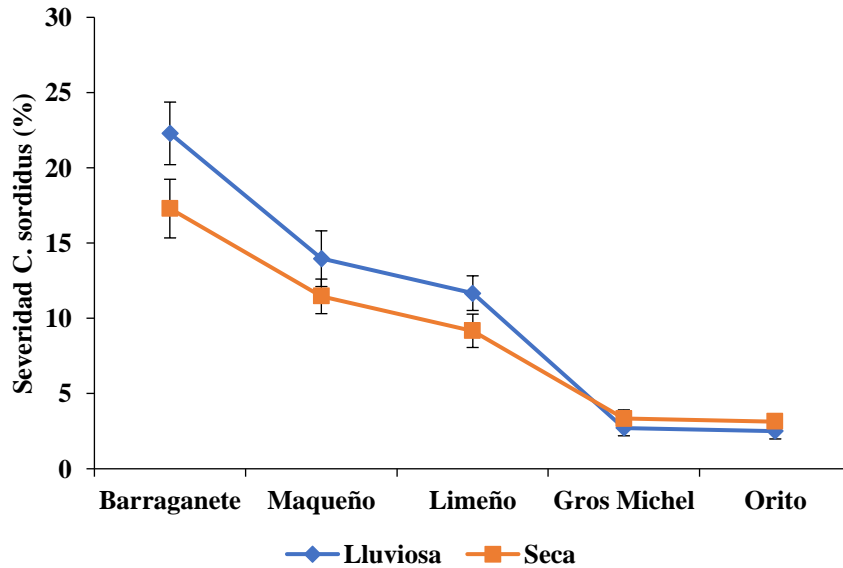
En la mezcla se sigue destacando la combinación de los cultivares GM+O, presentando porcentajes de infestación del 2% en las dos épocas del año. Podemos destacar que las mezclas donde participa el cultivar susceptibles como en el caso de las combinaciones B+L; M+L y BM, reporto los mayores porcentajes de infestación superior al 10% (Figura 4).

Independientemente del manejo, este trabajo evidencia de que la resistencia a *C. sordidus* entre cada una de las variedades está directamente relacionada con el genoma que las conforma y su criterio para mezclar cultivares y reducir el nivel de daño, coincidiendo con Castrillón et al. (2002), quienes afirman que el grupo más susceptible al ataque de picudo negro, son los del subgrupo Plantain (Plátano) de genoma AAB, confirmando además que las fuentes primarias de resistencia parecen encontrarse en los materiales diploides acuminata AA como *Musa textiles* (Abacá).

La influencia de la precipitación, como factor determinante en el hábitat del picudo, si tener relación con estos resultados, Según Montesdeoca (1998) y Mestre (1997), el *C. sordidus*, tiene hábitos nocturnos y vive en medios muy húmedos, aunque no tolera los terrenos inundados. En climas muy secos, se refugia durante el día en el interior del material vegetal donde permanece oculto en los cormos y los desechos de cosecha, que también les sirve de alimento, y en las plantas arvenses propias de una plantación de banano o plátano; además, tiene afinidad por las humedades relativas altas dentro de la plantación, allí permanece mientras dura la temporada seca. Según estos autores, en atmósferas secas, muere a 40% H.R. en 12 horas y en 24 horas a 60% H. R.; esto, debido a su higrotropismo y a su higrofilia. La disturbación del hábitat, especialmente al abrigo que las malezas y los residuos le brindan al insecto durante el día, así como el hecho de ser una plantación nueva, recién sembrada, incidió directamente en el comportamiento y el número de individuos adultos capturados por trampa.

Figura 3

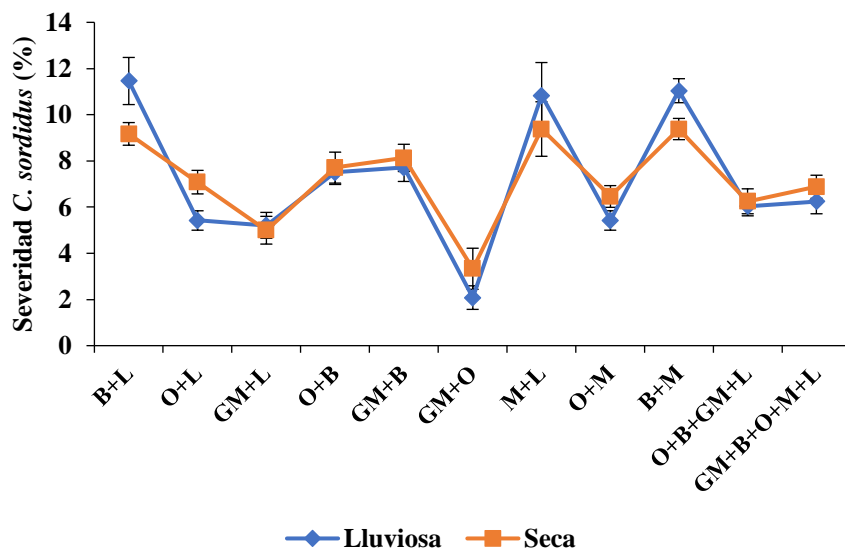
Comportamiento de los monocultivos de *Musas* sp frente al índice de severidad de daño de *C. sordidus*, durante dos épocas del año (lluviosa y seca), con barras de error estándar.



Nota: Elaborado por los autores

Figura 4

Comportamiento de los monocultivos de *Musas* sp frente al índice de severidad de daño de *C. sordidus*, durante dos épocas del año (lluviosa y seca), con barras de error estándar.



Nota: Elaborado por los autores

Porcentaje de infestación de *C. sordidus*, en diferentes cultivares de monocultivos (susceptibles y resistentes) y número de componentes de las mezclas.

Localidad, Quevedo

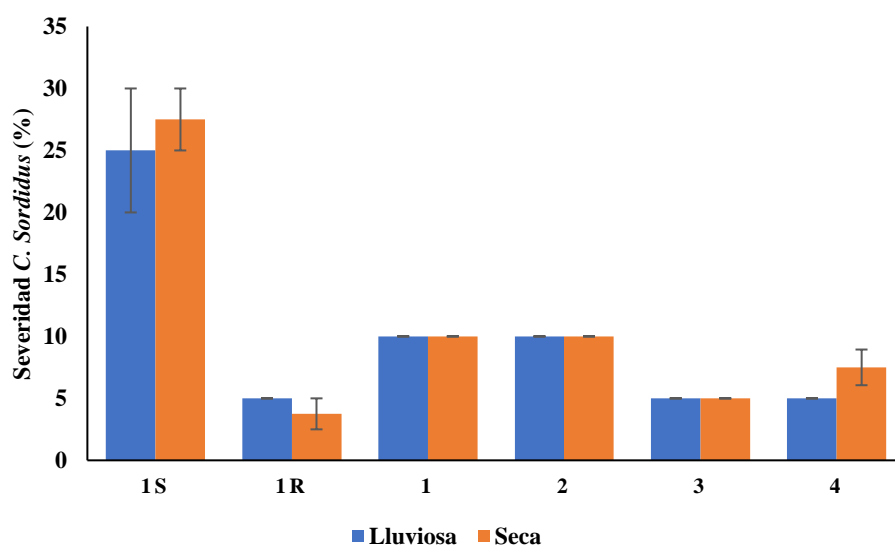
La respuesta de los 6 componentes de *Musas* sp al ataque del picudo negro se resume en la Figura 5. Nuestros datos muestran que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la respuesta de los componentes de plátano al ataque del picudo negro. En general, el componente susceptible Barraganete (1S) mostró el nivel más alto de daño a la larva del picudo negro, con índice de infestación sobre el 20% e incluso llegando a obtener un índice de severidad de 35% en la época lluviosa. Por otra parte, el resto de tuvieron un comportamiento estable con índice que oscilaron entre el 5 y 10%, e incluso el componente resistente (1R) llegó a tener índices inferiores al 5%.

La variación de los niveles de daño por *C. sordidus* observados dentro de los genotipos de *Musas* se ha atribuido a la dureza del cormo ya las características químicas antibiosis, Abera et al., 1999 y Kiggundu et al. 2007. Aunque en este estudio se ha considerado que el mezclar cultivares susceptible y resistente a la plaga se observó claramente que disminuye

significativamente el nivel de infestación de la larva. Otros resultados manifiestan que podría deberse en parte a las variaciones en las condiciones ecológicas en las que se realizaron los diferentes estudios. Estas condiciones pueden presentar diferentes factores bióticos y abióticos que influyen en las interacciones planta-plaga (Kiggundu et al., 1999). Además, la variación en los biotipos del picudo del plátano podría estar causando diferencias de virulencia entre diferentes poblaciones del insecto (Kiggundu et al., 1999; Ochieng, 2001; de Graaf, 2006). De hecho, se han reportado variaciones en los biotipos del picudo negro, recogidos en diferentes lugares del mundo, por varios estudios (por ejemplo, Ochieng, 2001). Sin embargo, es necesario llevar a cabo más investigaciones para determinar esta posibilidad antes de sacar una conclusión.

Figura 5

Interacción entre número de componentes con sus respectivas épocas en la variable Índice de infestación de *C. sordidus*, con barras de error estándar.



Nota: 1S= monocultivo susceptible; 1R= monocultivo resistente; 1= promedio general de monocultivos; 2= mezclas de dos cultivares; 3= mezclas de cuatro cultivares y 4= mezclas de cinco cultivares.

Localidad, El Carmen

Se ha establecido que el picudo negro es uno de los principales problemas fitosanitarios en la zona platanera de El Carmen, la presente investigación ratifica resultados previos obtenidos por Vélez, (2011) tanto en la preferencia del insecto y cuanto a la severidad del daño; el cultivar Barraganete presentó mayor número de galerías en monocultivo y se observó que *C. sordidus* presenta una cierta preferencia a los cultivares Maqueño y Limeño tanto en monocultivo como en mezcla.

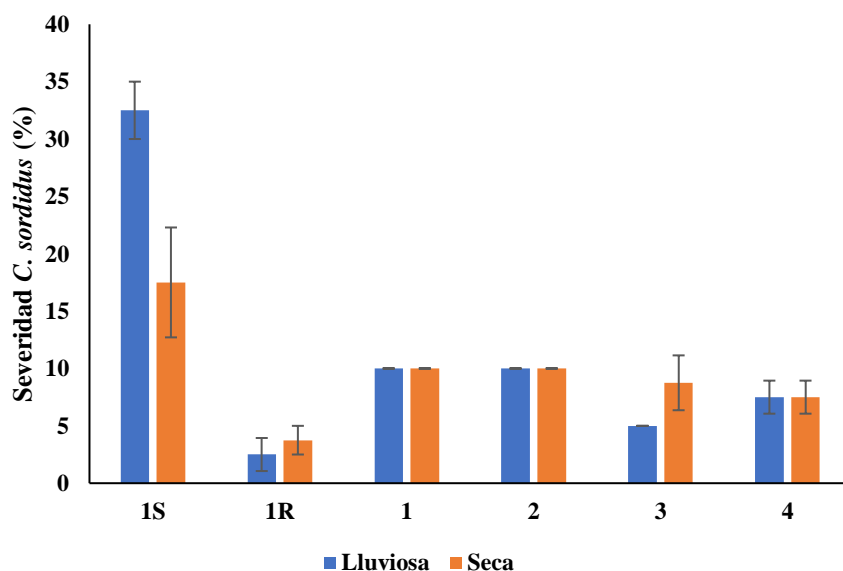
Una situación más interesante y que ratifica la tesis propuesta sobre el efecto de las mezclas, lo observamos con el ataque del picudo negro en las parcelas de monocultivo susceptibles Barraganete (1S), donde presentó índices de infestación de 32,5; 17,5; 28,7 y 12,5 (época lluviosa y seca), respectivamente, (Figura 6) condiciones en las que el Orito mantiene su alta resistencia (1R) no presentando perforaciones de las larvas de *C. sordidus*, en los componentes de mezclas (2, 3 y 4), se obtuvo una reducción de daño significativo en relación al monocultivo susceptible de Barraganete. Aparentemente, el orito estaría ejerciendo algún tipo de acción repelente o por lo menos desestimula el tránsito y la reproducción de picudo en las parcelas, pues la población es tan baja que los daños en términos de número de galerías es de apenas 4 y menos galerías; aun en las mezclas de componentes 3 y 4 cultivares encontramos alrededor de 3 galerías contra 35 galerías del barraganete en monocultivo. Otro cultivar interesante en los componentes mezclas es el Gros Michel que, en las mezclas se observó un promedio de menos de 5 galerías en cualquier tipo de mezcla; dada la gran atracción que ejerce el barraganete para el picudo negro, esto ratificaría la posible acción disuasiva del orito y el Gros Michel en las mezclas.

Actualmente existen estudios limitados sobre el uso de mezclas varietales en el manejo de plagas de Musas (Mulumba et al., 2012). Vera et al. (2012) informaron un menor daño del

picudo del plátano en los plátanos cultivados en mezclas varietales en comparación con los estratos puros. Del mismo modo, Quénéhervé et al. (2011) reportaron que las mezclas de variedades de banano disminuyeron significativamente la densidad poblacional de *Radopholus similis*, la especie de plaga de nematodos más dañina del banano en todo el mundo (Quénéhervé, 2009). En Uganda, al igual que ocurre en muchos sistemas agrícolas de la región de los Grandes Lagos de África, el cultivo de variedades de plátano en una mezcla o en proporciones es una práctica tradicional que los pequeños agricultores han llevado a cabo para apoyar el manejo y la conservación de la diversidad (Nkwiine et al, 2003, Nantale et al., 2008, Mulumba et al., 2012). Los agricultores de Uganda tienen un promedio de 12-18 variedades de plátano y banano por explotación (Gold et al., 2002, Nantale et al., 2008). Por lo tanto, el uso de mezclas varietales para manejar plagas de insectos de plátanos ofrece una gran oportunidad para mejorar las estrategias actuales de manejo integrado de plagas (MIP), sin que los agricultores incurran necesariamente en costos adicionales en términos de mano de obra.

Figura 6

*Interacción entre número de componentes con sus respectivas épocas en la variable Índice de infestación de *C. sordidus*, con barras de error estándar.*



Nota: 1S= monocultivo susceptible; 1R= monocultivo resistente; 1= promedio general de monocultivos; 2= mezclas de dos cultivares; 3= mezclas de cuatro cultivares y 4= mezclas de cinco cultivares

Conclusión

Los cultivares Orito y Gross Michel se comportaron como resistente al ataque de *C. sordidus*, mientras que los cultivares Maqueño y Limeño como medianamente resistente y al cultivar Barraganete como susceptible.

El cultivar de Barraganete considerado como susceptible a *Cosmopolites sordidus* asociado con el cultivar de Orito y Gros Michel disminuye la severidad de infección al Barraganete alcanzando índice de infestación inferior al 10%.

Nuestro estudio reveló respuestas variadas en los cultivares de Musas sp al ataque del picudo negro; con mayores daños registrados en las localidades de El Carmen

Se observó evidencia de mezclas varietales para amortiguar el ataque del picudo del plátano en las variedades más susceptibles, pero no en las resistentes.

Nuestros resultados son, por lo tanto, alentadores y necesitan ser estudiados aún más en parcelas más representativas de los campos de los agricultores. Además, es necesario determinar los mejores acuerdos y/o combinaciones (diseños de plantación) de las variedades resistentes a las susceptibles en la mezcla.

Referencias bibliográficas

Abera, A., Gold, C., Kyamanywa, S., 1999. Timing and distribution of attack by the banana weevil (Coleoptera: Curculionidae) in East Africa highland banana (*Musa* spp.). Fla. Entomol. 82, 631-641.

- Castrillón, C; Valencia, J; Urrea, C. 2002. Reacción de diferentes materiales del banco de germoplasma de musáceas al ataque del Picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar. Quindío, CO. Disponible en http://musalit.inibap.org/pdf/INO30010_es.pdf
- Gold, C.S., Kagezi, G.H., Night, G., Ragama, P.E., 2004. The effects of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) damage on highland banana growth, yield and stand duration in Uganda. *Ann. Appl. Biol.* 145, 263-269.
- Kiggundu, A., Gold, C.S., Labuschagne, M.T., Vuylsteke, D., Louw, S., 2007. Components of resistance to banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) in *Musa* germplasm in Uganda. *Entomol. Exp. Appl.* 122, 27–35.
- Kiggundu, A., Vuylsteke, D., Gold, C.S., 1999. Recent advances in host plant resistance to banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), in: Frison, E.A., Gold, C.S., Karamura, E.B., Sikora, R.A. (Eds.), *Proceedings of a workshop on Banana IPM on Mobilizing IPM for Sustainable Banana Production in Africa*. Nelspruit, South Africa, 23–28 November 1998. INIBAP, Montpellier, France, pp. 87–96.
- MAG. 2019. Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Cifras agroproductivas de musáceas. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Mestre, J. 1997. Á propos du coefficient d'infestation pour l'évaluation des attaque du charançon noir des bananiers, *Cosmopolites sordidus*. *Fruits* 52 (3): 135-140.
- Montesdeoca, MM. 1998. Empleo de la hormona de agregación Sordidin como método de captura y lucha contra *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de grado Universidad de la Laguna. Centro Vol. 20-1 2007 41 Superior de Ciencias Agrarias. Departamento de Protección Vegetal del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. España. 130pag.
- Mulumba J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., De Santis, P., Jarvis, D.I., 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystem of Uganda. *Agric. Ecosyst. Environ.* 157, 70–86.
- Nantale, G., Kakudidi, D.A., Karamura, E., Karamura, D., Soka, G., 2008. Scientific basis for banana cultivar proportions on-farm in East Africa. *Afr. Crop Sci. J.* 16, 41-49.
- Nkwiine, C., Tumuhairwe, J.K., Gumisiriza, C., Tumuhairwe, F.K., 2003. Agrodiversity of banana (*Musa* spp.) production in Bushwere, Mbarara district, Uganda, in: Kaihura, F., Stocking, M. (Eds.), *Agriculture biodiversity in smallholder farms of East Africa*. United Nations University Press, New York, USA, pp. 133-144.
- Ochieng, V.O., 2001. Genetic biodiversity in banana weevil *Cosmopolites sordidus*, populations in banana growing regions of the world. Ph.D. Thesis. University of Nairobi, Nairobi, Kenya.
- Quénéhervé, P. 2009. Integrated management of banana nematodes, in: Ciancio, A., Mukerji, K.G. (Eds.), *Integrated management in fruit crops and forest nematodes*. Springer, Netherlands, pp. 3–61.
- Quénéhervé, P., Barriere, V., Salmon, F., Houdin, F., Achard, R., Gertrude, J.C., Marie-Luce, S., Chabrier, C., Duyck, P.F., Tixier P., 2011. Effect of banana crop mixtures on the plant-feeding nematode community. *Appl. Soil Ecol.* 49, 40-45.
- Rukazambuga, N.D.T.M., Gold, C.S., Gowen, S.R., 2004. Yield loss in East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EA group) caused by the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar. *Crop Prot.* 17, 581-589.

- R Development Core Team. (2013). An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 3.02. R Development Core Team. <http://cran.r-project.org/doc/manuals/Rintro.pdf>
- Suárez C., Vera D., Williams R., Ellis M., Norton G., Triviño C., Flowers W. & Solís K. 2001. Integrated Pest Management, Collaborative Research Support Program IPM-CRSP (2000 - 2001). Eighth annual report 2001-2002. 472 p.
- Tooker, J.F., Frank, S.D., 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *J. Appl. Ecol.* 1-12.
- Vélez, M. (2011). Reacción de diez cultivares de *Musa* spp. al ataque de picudo. Obtenido de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3860/1/T-ESPE-IASA%20II-002351.pdf>
- Vera, D., Vaca, D., Cabanilla, M., Agama, J., Suárez-Capello, C., 2012. Relating crop damage levels on farm to crop varietal diversity measured by richness, evenness and diversity for banana in Ecuador. <http://agrobiodiversityplatform.org/cropbiodiversity/2012/06/07/relating-crop-damage-levels-on-farm-to-crop-varietal-diversity-measured-by-richness-evenness-and-diversity-for-banana-in-ecuador/>. (accessed on 25.11.12).
- Vilardebo, A. 1973 L^e coefficient d'infestación, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824). l^e charançon noir du bananier. *Fruits*, Paris, v.28, n.6, p.417- 426.
- Wolfe, M.S., 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 23, 251–273.
- Wolfe, M.S., Finckh, M.R., 1997. Diversity of host resistance within the crop: effects on host, pathogen and disease, in: Hartleb, H., Heitefuss, R., Hoppe, H.H. (Eds.), *Plant Resistance to Fungal Diseases*. Fischer Verlag, Jena, Germany, pp. 378–400.
- Woomer, P.L., Bekunda, M.A., Nkalubo, S.T., 2011. Estimation of banana yield based on bunch phenology. *Afr. Crop Sci. J.* 7, 341-347.