



Manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en sorgo, con insecticidas biológicos y sintéticos en Masaya, Nicaragua

*Management of yellow aphid (*Melanaphis sacchari*) in sorghum with biological and synthetic insecticides in Masaya, Nicaragua*

Edgardo Jiménez Martínez¹
Ariel Alexander Mena García²

Resumen

Con el objetivo de brindar alternativas a productores de sorgo sobre el manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehnter), se estableció un ensayo de septiembre a diciembre de 2018 en la finca San José, Nindirí, Masaya, donde se evaluaron alternativas de origen biológicas y sintéticas. Los productos fueron: M.A[®] 17.5 SP (*Beauveria bassiana* + *Metarrhizium anisopliae*), Pirex[®] 6% EC (extractos de crisantemo + jabón potásico), Biocontrol limoneno[®] 90 EC (extractos de limón), TASK[®] 25 WG (Tiamethoxam), TARGET[®] 24 SC (*Sulfoxaflor*), en comparación con el testigo absoluto que consistió en aplicación de agua. Las variables evaluadas fueron: Número de *M. sacchari* (adultos alados) por planta, rendimiento en kg/ha por tratamiento evaluado, análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal mediante la metodología CIMMYT. Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento *Thiametoxan* tiene mayor control de adultos alados de *M. Sacchari*, y también presenta los mayores rendimientos comerciales y beneficio neto junto con los tratamientos *Sulfoxaflor* y Crisantemo + jabón potásico, además el tratamiento *Thiametoxan* se destaca con mayor tasa de retorno marginal.

Palabras clave: áfido, hongos entomopatógenos, entofauna benéfica, parasitismo, Nicaragua.

Abstract

With the objective of providing alternatives to sorghum producers on the management of yellow aphid (*Melanaphis sacchari* Zehnter), a trial was established from September to December 2018 at San José farm, Nindirí, Masaya, where alternatives of formulated microbial and botanical origin, including synthetics, were evaluated. The

1 PhD en Entomología, docente investigador, director de investigación, extensión y posgrado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1086-7380>

2 Ing. MSc. Sanidad Vegetal, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Correo: arimengar14@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2765-494X>

Recibido: 24/08/2021 - Aprobado: 21/03/2022

Jiménez-Martínez, E., & Mena García, A. A. (2022). Manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en sorgo, con insecticidas biológicos y sintéticos en Masaya, Nicaragua. *Ciencia E Interculturalidad*, 30(01), 148–161. <https://doi.org/10.5377/r-ci.v30i01.14268>

products were: M.A[®] 17.5 SP (*Beauveria bassiana* + *Metarrhizium anisopliae*, (Pirex[®] 6% EC) chrysanthemum extracts + potassium soap, (Biocontrol limonene[®] 90 EC) lemon extracts, (TASK[®] 25 WG) Thiamethoxam, (TARGET[®] 24 SC) *Sulfoxaflor*, compared to the absolute control which consisted of water application. The variables evaluated were: number of *M. sacchari* (winged adults) per plant, yield in kg/ha per treatment evaluated, partial budget analysis, dominance analysis and marginal rate of return using the CIMMYT methodology. The results obtained show that the *Thiametoxan* treatment has greater control of winged adults of *M. sacchari*, the treatment that exerts less damage on *Coccinella* sp and *Chrysoperla* sp was *B. bassiana* + *M. anisopliae*. Thiamethoxam, *Sulfoxaflor* and Chrysanthemum + potassium soap have the highest commercial returns and the highest net benefits, while Thiamethoxam is the treatment with the highest marginal rate of return.

Keywords: aphid, entomopathogenic fungi, beneficial entomofauna, parasitism, Nicaragua.

I. Introducción

“El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales más importantes en el planeta, del cual se alimentan grandes regiones de África, Asia y en los trópicos semiáridos de todo el mundo” (Ragaee *et al.*, 2006, p.34).

Monterrey (1997) confirma que “Ha sido históricamente cultivado para la producción de grano y otros fines en casi todos los países tropicales y subtropicales del mundo” (p.2).

En tanto, Somarriba (1997) enfatiza que:

El sorgo representa una alternativa importante para la población nicaragüense, sobre todo para las familias campesinas que lo utilizan para la realización de tortillas, atol, turrone, etc. La composición nutricional del grano es almidón 70.2 %, proteína 7.9 %, grasa 3.3%, fibra 2.4 % y vitaminas y minerales 16.2 %. (p.61)

Pérez *et al.* (2009) aseguran que “La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano; India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt)” (p.2).

Melanaphis sacchari Zehnter, fue reportado oficialmente en Nicaragua el 21 de octubre de 2016 en la comarca El Pedernal, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco, por el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA).

Este insecto pertenece al orden Hemiptera, familia Aphididae, es originario de África y del medio Oriente, actualmente está distribuido en México y en todos los continentes excepto Antártida, en Norte América este insecto está presente en Estados Unidos en estados como Florida, Hawaii, Louisiana y Texas. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2015, p.4)

M. sacchari infesta el envés de las hojas, secretando sustancias azucaradas sobre la superficie de la hoja, estos reconocen las plantas hospederas por una serie de procesos sensoriales que van desde reconocimiento visual, reconocimiento mecánico, reconocimiento olfativo y gustativo que en el primer lugar es superficial y, si este es positivo pasa a explorar en profundidad a los vasos del floema. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2014, p.3)

Por su parte el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (1987) detalla que:

Los áfidos se alimentan introduciendo su estilete, agudo y hueco entre los tejidos de las plantas, succionando la savia. Durante el proceso de alimentación, inyecta una saliva tóxica que en conjunto con la extracción de nutrientes y la alteración del balance hormonal resulta en la marchitez de las yemas, rizado de las hojas y aparición de manchas de distintos colores en el follaje. Cuando se presentan un número considerable, las plantas se pueden marchitar gradualmente y se tornan coloraciones amarillentas o marrones y en casos extremos ocasionar la muerte. (p.22)

Según indica F. Vargas, presidente de la Asociación Nicaragüense de Productores de Sorgo (ANPROSOR):

Durante el ciclo agrícola 2016 - 2017, a lo largo de toda la franja del pacífico en Nicaragua, el cultivo de sorgo fue atacado por el pulgón amarillo. Los productores fueron sorprendidos por su acelerada reproducción, y el alto número elevado de individuos por colonias, trayendo como consecuencia que 5 250 ha⁻¹ redujeran sus rendimientos en un 20 %. El resto del área produjo un promedio de 5 500 kg ha⁻¹ con un costo adicional de USD\$60.00 dólares americanos. (Comunicación personal, 25 de mayo 2018)

Es por esta razón que se realizó esta investigación para generar conocimiento y brindar herramientas a los productores de sorgo en Nicaragua sobre el manejo de esta plaga mediante el uso de alternativas de origen biológicas y sintéticas, ya que representa la principal causa de pérdidas de producción y detrimento en este rubro tan importante en la economía nacional.

II. Materiales y métodos

2.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se estableció en la finca San José, propiedad del señor Donald Sotelo, ubicada en la comarca Los Altos, municipio de Nindirí, departamento de Masaya, en las siguientes coordenadas 12° 02' 38" latitud Norte y 86° 06' 40" de longitud Oeste. El terreno de la finca es semiplano, es usado únicamente para la producción de sorgo en época de postrera, la mayor parte del año pasa en descanso dejando que rebrote vegetación natural. La textura del suelo es franco arcilloso, con un pH de 6.8, ligeramente ácido con 3.16 % de materia orgánica.

2.2 Diseño experimental

El experimento fue establecido empleando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones y seis tratamientos. El tamaño de cada unidad experimental fue de cuatro metros de largo por cuatro metros de ancho con un área de 16 m² por parcela y 96 m² por bloque, obteniendo un experimental total de 384 m². La separación entre bloques y tratamientos fue de 1.5 m, se aplicó el modelo de investigación participativa, donde el productor observó el efecto de cada tratamiento.

2.3 Metodología para la obtención de la información

Se realizó de acuerdo al nivel de tecnología usada por el productor para su producción comercial. Inició con la siembra del material genético de sorgo variedad pinolero uno a cero labranzas, usando una sembradora a precisión calibrada con 18 semillas por metro lineal, con una distancia entre surco de 0.80 m. Al momento de realizar esta actividad se aplicó fertilización complementaria de 18-46-0 con dosis de 24.50 kg ha⁻¹, esto en base a la necesidad del suelo y lo que podía aportar, la cual fue determinada previamente por un análisis de suelo.

A los dos días, luego de la siembra para el control de malezas, se usó herbicida glifosato (Roundup®) con dosis de dos litros por hectárea; a los 25 días después de la siembra se aplicó Prowl + Atrazina con dosis de dos litros por hectárea respectivamente para el control de hoja ancha y gramíneas. A los 45 días después de la siembra se realizó aplicación de urea 46% a razón de 200 kg ha⁻¹. La cosecha se realizó de forma manual.

2.4 Metodología de muestreo de *Melanaphis sacchari*

El muestreo se realizó por la mañana, revisando las hojas, principalmente el envés, se inició desde los 10 días después de la siembra hasta la cosecha, en ocasiones se usó una lupa de 20X CODDINGTON BAUSH & LOMB. En cada tratamiento se seleccionaron

aleatoriamente cinco estaciones, compuestas por tres plantas cada uno, para un total de 15 plantas por parcela, el número de plantas muestreadas de todo el ensayo fue de 360.

2.5 Aplicación de insecticidas

En las aplicaciones de los tratamientos se usó una bomba de mochila Matabi® de boquilla tipo cono hueco con capacidad de 20 litros de agua, se usó un nivel crítico sugerido por Ahrens *et al.*, (2014) de 50 pulgones promedio por planta.

2.6 Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1. *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* (M.A® 17.5 SP)

B. bassiana produce varias toxinas siendo las principales los ciclodepsipeptidos, entre los cuales están la beauvericine, el beauverolide H e I, el bassianolide, el isarolide A, B y C, la multiplicación del hongo en el interior del hospedero conduce a la producción de hifas y blastosporas y a la producción de toxinas antes mencionadas que en conjunto van a provocar la enfermedad y la muerte del insecto. (Carballo *et al.*, 2004, p.57)

Gómez (1999) amplía

M. anisopliae es un microorganismo que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo aislado fácilmente de suelos, donde puede sobrevivir por lapsos prolongados. También ha sido aislado de una gran variedad de insectos, siendo utilizado en programas de control de plaga a nivel mundial. (p.81)

Tratamiento 2. Extractos de crisantemo + jabón potásico (Pirex®6% EC)

Es un insecticida de choque obtenido de extracto de pelitre o piretro de flores secas de *Chrysanthemum* (*Pyrethrum*) *Cinerariaefolium* también llamado piretrina natural. Caracterizado por su rápida acción por contacto, produciendo parálisis y destrucción de la membrana celular de insectos adultos y ninfas. Tiene baja toxicidad y es poco persistente (máximo tres días), es de amplio espectro de actividad. (Ecologika, 2018, p3)

El jabón potásico (también conocido como potasa o jabón de potasio) es un excelente remedio orgánico contra las plagas, ya que su acción jabonosa ataca las membranas celulares de los tejidos externos de los insectos, afectando su permeabilidad externa e influyendo en su ciclo de vida. (Ecologika, 2018, p.2)

La dosis utilizada fue de un litro del producto disuelto en 200 l ha⁻¹.

Tratamiento 3. Extractos de limón (Biocontrol limoneno® 90 EC)

“Es un producto botánico de uso agronómico y también en post cosecha para lavado de frutas y vegetales. Actúa rápidamente por contacto destruyendo la membrana celular de los insectos en estado de ninfas y adultos” (Ecologika, 2018, p.3).

La dosis utilizada fue de un litro del producto disuelto en 200 l ha⁻¹.

Tratamiento 4. Thiametoxam (TASK® 25 WG)

Clasificado por IRAC (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas, por sus siglas en inglés) dentro del Grupo IV: agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina, subgrupo IV A Neonicotinoides, imita la acción del receptor nicotínico de la acetilcolina, interfiriendo con la transmisión de estímulos en el sistema nervioso del insecto. Específicamente, causa una obstrucción en un tipo de camino neuronal (nicotinérgico), que conduce a la acumulación del neurotransmisor acetilcolina, dando por resultado la parálisis del insecto, y posteriormente la muerte. (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas [IRAC], 2019, p.8)

La dosis usada fue 0,50 g ha⁻¹.

Tratamiento 5. Sulfoxaflor (TARGET® 24 SC)

Es el primer miembro de una nueva clase química de insecticidas, las sulfoximinas, clasificado dentro del subgrupo IV C en la clasificación de modo de acción del IRAC.

“Las sulfoximinas son moduladores competitivos del receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR)” (Jeschke *et al.*, 2013).

“No presenta resistencia cruzada con otros subgrupos como los neonicotinoides y los butenolides” (Babcock *et al.*, 2011, p.331).

“Es un insecticida con un amplio espectro de aplicación sobre los insectos plaga transmisores de virus como los áfidos, mosca blanca y otros” (Babcock *et al.*, 2011, p.331).

La dosis utilizada fue de 50 ml ha⁻¹.

Tratamiento 6. Consistió en la aplicación de agua (Testigo absoluto).

2.7 Variables evaluadas

2.7.1 Número de ninfas, alados de *M. sacchari* por planta

Se comenzó a tomar desde los 10 días después de la siembra, realizando monitoreo una vez por semana hasta la cosecha, donde se muestrearon todas las partes de la planta específicamente el envés de las hojas, lugar donde se encuentra más frecuente el pulgón.

2.7.2 Rendimiento en kg ha⁻¹ de los tratamientos evaluados

Para obtener los datos de rendimiento por hectárea se realizó una cosecha de las panojas por cada tratamiento evaluado a los 119 días después de la siembra y posteriormente se procedió al secado de grano a pleno sol, la humedad se midió con un probador portátil M3G™ hasta obtener un 12%, luego se procedió a pesar en una balanza análoga para determinar su valor en masa.

2.7.3 Análisis económico

Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial, análisis de dominancia, tasa de retorno marginal y análisis estadísticos de las variables, con el propósito de determinar los tratamientos con mejor retorno y el más rentable tomando en cuenta la relación beneficio-coste, siguiendo la metodología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, [CIMMYT], 1988, p.20)

2.7.4 Análisis de los datos

Una vez recolectados los datos en campo, con una hoja de muestreo se procedió a ordenarlos por variable en Microsoft Excel (2013), para luego realizar un análisis de varianza en INFOSTAT versión libre 2018, con una separación de medias por Tukey ($\alpha= 0.05$).

Luego se realizó comparaciones en los rendimientos de cada tratamiento y se determinó la rentabilidad sometiendo los datos a un análisis económico de las variables agronómicas mediante un presupuesto parcial a través de la metodología del CIMMYT (1988).

III. Resultados y discusión

3.1 Fluctuación poblacional de adultos alados de *M. sacchari* en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Se comparó la fluctuación poblacional de alados de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, en Nindirí, desde los 10 días después de la siembra hasta los 105 días (Figura 1). Las poblaciones de esta plaga se presentaron a partir del cuarto día de muestreo (28 días después de la siembra).

La población más alta de adultos alados se mostró a los 70 días después de la siembra (4 de noviembre), luego de esta última fecha empezó a disminuir debido a que el cultivo inicia la etapa reproductiva seguido de la senescencia, a partir de este momento empieza a migrar hacia otros hospederos con el propósito de iniciar su fase sexual y satisfacer la necesidad de alimento.

Este cambio surge como parte de la sobrepoblación ocasionando el hacinamiento que disminuye el valor nutritivo de la planta, una vez madurados los músculos de vuelo, se vuelve menos receptivo a los estímulos de alimentación que ofrece la planta y más receptivo a la longitud de onda corta de luz del cielo que lo motivan a volar o migrar hacia otros hospederos. (Peña Martínez *et al.*, 2018, p.14)

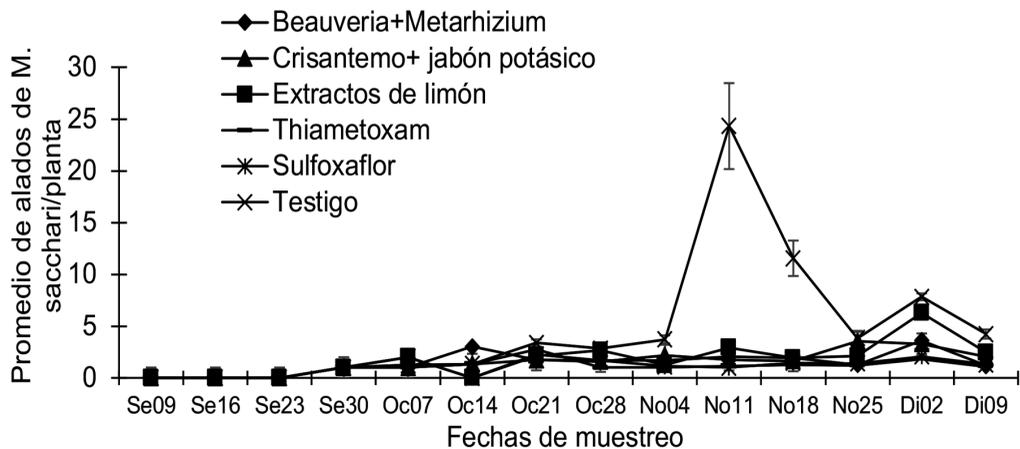


Figura 1: Fluctuación poblacional de adultos alados *M. sacchari*, en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Fuente: elaboración propia

Los tratamientos que presentaron menor número de alados fueron *Thiametoxam* y *Sulfoxaflor*, seguido de *B. bassiana* + *M. anisopliae*, en comparación con el Testigo. También estos mismos tratamientos destacan en el análisis de varianza realizado (Cuadro 1), ya que hay diferencias significativas ($\alpha=0.0001$).

Cuadro 1: Análisis de varianza de la fluctuación poblacional de adultos alados de *M. sacchari* por tratamiento evaluado de septiembre a diciembre de 2018

Promedio de adultos alados de pulgón amarillo por planta		
Tratamiento	Media \pm ES	
Thiametoxam	1,56 \pm 0.10	a
Sulfoxaflor	1.69 \pm 0.07	a
Beauveria+Metarhizium	1.94 \pm 0.10	ab
Crisantemo + jabón potásico	2.27 \pm 0.12	ab
Extractos de limón	2.98 \pm 0.16	b
Testigo	6.53 \pm 0.47	c
N	1180	
CV	121.41	
(F; df; α)	58.76; 1179; 0.0001	

ES: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; SD: Desviación estándar; N: Número de datos utilizados en el análisis; F: Fisher calculado; df: Grados de libertad del error; α : Probabilidad según Tuckey.

Fuente: Elaboración propia

3.2 Comparación del rendimiento total en kg/ha de los tratamientos evaluados en el cultivo de sorgo, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya 2018

Se comparó el rendimiento total en kg/ha de las parcelas de sorgo en los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre 2018 (Figura 2). Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos con mayor rendimiento fueron *Thiametoxam*, *Sulfoxaflor* y crisantemo + jabón potásico, con 3 863.63 kg ha⁻¹; 3 272.72 kg ha⁻¹ y 3 090.90 kg ha⁻¹. Los tratamientos evaluados con *B. bassiana* + *M. anisopliae* y Extractos de limón obtuvieron rendimientos más bajos con 2500.00 kg ha⁻¹ y 1 727.27 kg ha⁻¹

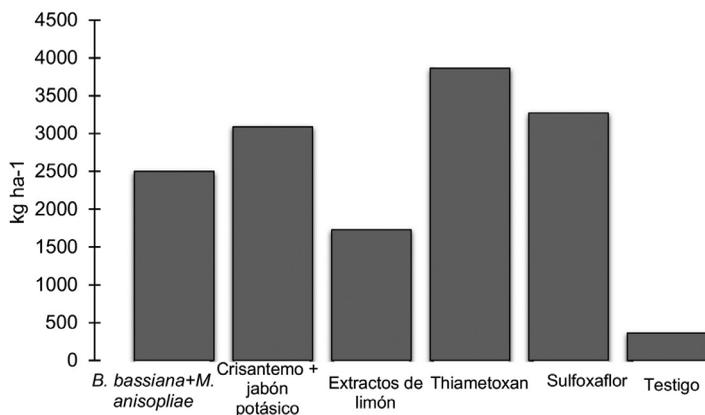


Figura 2. Comparación del rendimiento total en kg/ha en los tratamientos evaluados, de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Fuente: elaboración propia

Thiametoxam y *Sulfoxaflor* obtuvieron los resultados mayores, ya que al momento de aplicarlos se translocan en el cultivo, permitiendo que el efecto de control dure varios días. Por otro lado, Crisantemo + jabón potásico y Extractos de limón, por ser modo de acción de contacto no ejercen esta misma función.

B. bassiana + *M. anisopliae* ofrece un proceso de control efectivo, pero más lento debido al proceso germinativo, condiciones ambientales óptimas para las esporas, esto comparado con la acelerada reproducción de *M. sacchari* destacan como principal desventaja para la utilización de este tratamiento.

3.3 Comparación económica de cada uno de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, 2018

El análisis de presupuesto parcial (Cuadro 2) realizado según la metodología CIMMYT (1988), determinó que el mayor costo variables lo obtuvo el tratamiento Extractos de limón con 226.20 USD\$ ha⁻¹, seguido de los tratamientos crisantemo + jabón potásico y *B. bassiana* + *M. anisopliae* con 167.24 USD\$ ha⁻¹ por igual, en cambio los que presentaron menores costos variables fueron *Thiametoxan* con 35.26 USD\$ ha⁻¹, *Sulfoxaflor* con 83.26 USD\$ ha⁻¹ y Testigo con 23.33 USD\$ ha⁻¹.

El tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto fue el *Thiametoxam* con 930.16 USD ha⁻¹, en cambio los tratamientos que presentaron el menor beneficio neto fue Extractos de limón con 27.81 USD\$ ha⁻¹ y el Testigo con -224.41 USD\$ ha⁻¹.

Cuadro 2. Presupuesto parcial sen dólares americanos US\$ de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre en Nindirí, Masaya. 2018

Concepto	Beauveria + Metarhizium	Crisantemo + jabón potásico	Extractos de limón	Thiametoxam	Sulfoxaflor	Testigo
Total costos fijos	321.17	321.17	321.17	321.17	321.17	321.17
Total costos variables	167.24	167.24	226.2	35.26	83.29	24.33
Costo total de producción	488.41	488.41	547.37	356.43	404.46	345.50
Beneficio neto	344.09	540.86	27.81	930.16	685.36	-224.41

Precio oficial del dólar en el mes de diciembre 2018 al momento de la cosecha 33.33 USD/kg (BCN).

Fuente: elaboración propia

3.4 Análisis de dominancia

Este análisis se utiliza para los tratamientos que en términos de ganancia ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores. Este análisis determina qué tratamiento domina en cuanto a beneficios netos y costos variables (CIMMYT, 1998).

El análisis de dominancia realizado (Cuadro 3), refleja que el tratamiento *Thiametoxam* es el único que resultó ser No dominado, esto se debe a que presentó mayor beneficio neto y menor costo variable que el resto de los tratamientos incluidos en este análisis, por lo tanto, es el único tomado en cuenta para realizar el análisis de la tasa de retorno marginal.

Cuadro 3. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya. 2018

Tratamiento	Costo variable USD ha ⁻¹	Beneficio neto USD ha ⁻¹	Resultado
Testigo	24.33	-224.25	
Thiametoxam	35.26	930.16	ND
Sulfoxaflor	83.29	685.36	D
B. bassiana + M. anisopliae	167.24	344.09	D
Extractos de crisantemo + jabón potásico	167.24	540.86	D
Extractos de limón	226.2	27.81	D

D: Dominado; ND: No dominado

Fuente: elaboración propia

3.5 Análisis de la tasa de retorno marginal

Este análisis indica lo que el agricultor puede ganar en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica por otra más rentable, sin embargo, no se puede tomar una decisión rápida con respecto a un tratamiento sin haber determinado la tasa de retorno marginal que sería la decisión del agricultor según CIMMYT (1998).

Para este caso solamente se tomó el tratamiento *Thiametoxan* que fue el que resultó No Dominado, como no se obtuvo otro tratamiento con este mismo resultado se aplicó la tasa de retorno absoluta que es el resultado del beneficio neto dividido con su costo variable multiplicado por 100 (Cuadro 4), es decir que por cada dólar invertido al usar este tratamiento el producto obtiene 26.38 dólares adicionales.

Cuadro 4. Análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos evaluados de septiembre a diciembre, Nindirí, Masaya, 2018

Tratamiento	Costos Variable USD ha ⁻¹	Costo marginal USD ha ⁻¹	Beneficio neto USD ha ⁻¹	Beneficio marginal USD ha ⁻¹	Tasa de retorno marginal %
Tiamethoxam	35.26		930.16		2638.0034

Fuente: elaboración propia

IV. Conclusiones

M. sacchari predomina en su forma alada en todo el ciclo del cultivo, hubo un único pico poblacional a los 70 días, a partir de este momento las poblaciones descienden debido a que el cultivo no ofrece la calidad alimenticia que exige.

Los mayores rendimientos comerciales fueron obtenidos por los tratamientos *Thiametoxan*, *Sulfoxaflor* y Crisantemo + jabón potásico.

El análisis de la tasa de retorno marginal refleja que *Thiametoxan* es el tratamiento más rentable, ya que el productor obtiene 6.38 dólares adicionales por cada dólar invertido.

V. Lista de referencias

Ahrens, W., Anderson, D., Bowling, R., Halcomb, y J. & Brewer, M. (2014). *Setting an Economic Threshold for Sugarcane Aphid (Melanaphis sacchari) on Sorghum Infested during Vegetative Growth*. Texas A&M AGRILIFE RESEARCH. Texas, US. Recuperado el 12 mayo de 2018 de http://agrilife.org/ccag/files/2013/03/economicthreshold_sugarcaneaphid_2014TPPAmeetin-TPPAfinal.pdf

- Babcock, J., Gerwick, J., Huang, M., Loso, G., Nakamura, S., Nolting, F., Rogers, T., Sparks, J., Watson, B & Y, Zhu. (2011). Biological Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide. *Pest Management Science* 67(3), 328- 334. <https://doi.org/10.1002/ps.2069>
- Carballo, M., Enilda, C., Chaput, P., Fernández, O., González, L., Gruber, A., Guharay, F., Hidalgo, E., Narváez, C., López, J., Rizo, C., Rodríguez, A., Rodríguez, C., y Salazar, D. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas. En F. Carballo & M. Guharay. (Eds). CATIE (CEN Nicaragua, CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza).*
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (1987). *Artículos selectos sobre áfidos y su importancia económica en la agricultura de Centroamérica. s.e. Panamá.*
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (1988). *La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos. s.e. Distrito Federal, México.*
- Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas. (IRAC, 2019). *Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. 7ma ed. Esp.*
- ECOLOGIKA. (2018). *Manual de insecticidas, fungicidas y fortificantes ecológicos. (s.e.)*
- Gómez, H. (1999). Experiencias en la utilización del hongo *Metharizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin en el control de plagas agrícolas en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* (41) ,12-14. https://repositorio.senasa.gob.pe:8443/bitstream/SENASA/244/1/1999_Gomez_Experiencias-Metarhizium-anisopliae.pdf
- Jeschke, P., Nauen, R., & Beck, M. (2013). Nicotinic Acetylcholine Receptor Agonists: A Milestone for Modern Crop Protection. *Angewandte Chemie International*. (36), 9464-9485. <https://doi.org/10.1002/anie.201302550>
- Monterrey, C. (1997). *Dosis y momentos de aplicación de fertilizantes nitrogenados: Efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de sorgo granífero. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.*
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias J., Wencomo, H., Reyes, F., Oquendo, G., & Milia, I. (2009). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Characterization and potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grain. *Pastos y Forrajes. Cuba* (33), 1-14. Recuperado 14 de abril de 2021, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So86403942010000100001&lng=es&tlng=es.

- Peña Martínez, R., Lomeli-Flores, R., Bujanos, R., Muñoz-Viveros, A., Vanegas-Rico, J., Salas, R., Hernández-Torres, O., Marín-Jarillo, A., & Ibarra-Rendón, J. (2018). *Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), Melanaphis sacchari (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida* [Libro electrónico]. D.R. Fundación Guanajuato Produce A.C. Nuevo León 603, Col Alameda, C. P. 38050, Celaya Gto., México. https://www.researchgate.net/profile/Juan_VANEGASRICO/publication/327904648_Pulgon_amarillo_del_sorgo_PAS_Melanaphis_sacchari_Zehntner_1897_interrogantes_biologicas_y_tablas_de_vida/links/5bac5fe892851ca9ed292f90/Pulgon.pdf
- Ragae, S., Abdel-Aal, E., y Noaman, M. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, 98 (1) (2006), 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.039>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2015). *Programa de trabajo de la campaña pulgón amarillo del sorgo a operar con recursos del componente de sanidad vegetal del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria 2015, en el estado de Nayarit*. 2015: 11.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad. (2014). *Pulgón amarillo Melanaphis sacchari (Zehntner)*. Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, No 43.
- Somarriba, R. C. (1997). *Granos básicos en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.