

Uso de bioinsecticida a base de neem *Azadirachta indica* para el manejo de saltahoja en agroecosistema de caña de azúcar, Guayas, Ecuador

Use of bio insecticide made from neem *Azadirachta indica* for controlling of leafhopper in sugar cane agroecosystem, Guayas, Ecuador

César Ernesto Morán Castro*

Resumen

El objetivo General, consistió en Determinar los efectos de 4 dosis del bioinsecticida Nimbiol *Azadirachta indica* en el agroecosistema del cultivo de caña de azúcar, *Saccharum officinarum*, como alternativa para el Control del insecto plaga *Perkinsiella saccharicida Kirkaldy*, y prevenir el daño al medio ambiente. Como Objetivos específicos: 1. Evaluar la población de ninfas y adultos de los principales insectos plaga de la caña de azúcar, antes y después de la aplicación de tratamientos en condiciones de campo. 2. Evaluar la población de insectos benéficos. 3.- Identificación Taxonómica del insecto plaga y benéficos evaluados. 4. Determinar la eficacia de la mejor dosis del bioinsecticida *Azadirachta indica*, 5. Evaluar los posibles impactos ambientales causados por el bioinsecticida objeto de estudio, al suelo, agua y plantas, se utilizó un diseño bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, el mejor tratamiento es la dosis de 3 L/ha, Los bioplaguicidas a base de *A. indica*, son altamente específicos contra las plagas de la caña de azúcar y generalmente causan poco o ningún riesgo para los organismos benéficos, personas o el medio ambiente.

Palabras clave: agroecosistemas; bioinsecticida; caña de azúcar; ecdysona; insectos plaga, plaguicidas.

Abstract

The overall objective is to determine the effects of 4 doses of biopesticide Nimbiol *Azadirachta indica* in the agroecosystem sugar cane cultivation, *Saccharum officinarum*, as an alternative to control insect pests, *Perkinsiella saccharicida Kirkaldy*, and prevent damage to the environment. Specific Objectives: 1. To evaluate the population of nymphs and adults of the major insect pests of sugar cane, before and after application of treatments under field conditions. 2. Assess the population of beneficial insects. 3. Taxonomic Identification of pest insect and benefits evaluated. 4. Determine the effectiveness of the best dose of biopesticide *Azadirachta indica*. 5. Assess the potential environmental impacts caused by the biopesticide under study, soil, water and plants, a complete block design was used randomly, with five treatments and four repetitions, the best treatment is the dose of 3 L/ha. Biopesticides based *A. indica*, are highly specific against pest of sugarcane and generally cause little or no risk to beneficial organisms, humans or the environment

Keywords: agro-ecosystems; biopesticide; sugar cane; ecdysone; Insect pests; pesticides.

Universidad Nacional de Tumbes.

* Autor correspondiente: cmoran@uagraria.edu.ec (C. Morán).

Introducción

Uno de los grandes problemas de la agricultura consiste en las pérdidas considerables por el ataque de los insectos plaga a las cosechas. El uso indiscriminado de plaguicidas ha generado un gran problema de contaminación del ecosistema. Dentro de la agricultura agroecológica se

han desarrollado los bioinsecticidas, como una alternativa amigable con los ambiente e igualmente eficaces en este control. Su uso tendría beneficios a nivel mundial, ya que presentan nula o mínima toxicidad para el ser humano, animales y plantas, conservando su especificidad y efectividad

en el combate de plagas (Cantus *et al.*, 2012).

El saltahojas, *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Hemíptera: Delphacidae), constituye una de las plagas más importantes en la zona productora de caña de azúcar de la costa ecuatoriana. Su presencia en Ecuador data desde 1966. La importancia de esta plaga está relacionada con los daños que ocasiona a la planta a través de la succión de savia que efectúan las ninfas y adultos, a las incisiones (heridas) que hacen las hembras adultas con su ovipositor para incrustar los huevos en la nervadura central de la hoja a la formación de fumagina (*Capnodium* sp); y, a la transmisión de enfermedades virales, como el Mal de Fiji, enfermedad aún no reportada en las Américas (Gaviria, 1996). (Mendoza *et al.*, 2000). Para establecer la población de plaga se debe hacer recorridos en el campo tomando en consideración varios puntos del cantero, fijándose en el estado de desarrollo del cultivo como también en la presencia de fumagina, lo que concuerda con la investigaciones realizadas por Mendoza *et al.*, 2013).

La presencia de insectos benéficos predominantes en la investigación fueron *Polistes infuscatus ecuadoriu*; *Zelus pedestris*; *Ceraeochrysa* sp, en menor presencia odonatos, arañas de las familias Salticidae, se asume que el control de las plagas se debe a las acciones que realizan estos controladores biológicos natural presentes en los campos de caña de azúcar (CENICAÑA, 2013). Varias de estas especies se pueden criar artificialmente y liberar en cañaverales donde *S. flava*, esté incrementando sus poblaciones (Mendoza,

et al., 2013; Mendoza, 2010). En cuanto a las medidas de control, se está dando prioridad al estudio de los factores de mortalidad natural, especialmente al reconocimiento, preservación y aumento de los enemigos naturales.

El uso de efectos alelopáticos de plantas ayuda también a reducir los niveles poblacionales de insectos plagas en el cultivo de caña de azúcar. El Neem, *Azadirachta indica* A. Juss, especie botánica capaz de producir varios compuestos bioactivos (tetranortriterpenoides) entre los que figura la azadiractina como agente activo principal, muestra un marcado efecto insecticida, regulador del crecimiento y antiapetitivo sobre una gran cantidad de especies de insectos (Estrada *et al.*, 2007). El bioinsecticida Nimbiol a base de neem, fue utilizado como insecticida para el control de insectos plaga en el cultivo de caña de azúcar para la obtención de alimentos. Se demostró que no es tóxico para seres humanos, animales e insectos auxiliares, protegiendo las cosechas con más eficacia que los pesticidas usados y costosos, los biocidas no producen efectos tóxicos por contacto sobre organismos útiles.

La Alelopatía se ocupa de las interacciones químicas: planta - vertebrado, planta-planta, planta - insecto y planta-microorganismo, ya sean éstas perjudiciales o benéficas (Gutierrez, 2012). El manejo ambiental en la plantación tiene como objetivo primordial, prevenir los impactos sobre la salud de los trabajadores y cambios irreversibles en el ecosistema ocasionados por el empleo de agroquímicos (Navas-Pérez *et al.*, 2012).

Materiales y métodos

Diseño de Contrastación de Hipótesis

La investigación planteada fué de tipo experimental, donde se utilizo un diseño bloques completamente al azar (DBCA). El diseño estuvo formado de 5 tratamientos. (1,5; 2,0; 2,5; 3,0 L/ha Nimbiol y un testigo absoluto). Las repeticiones para este

experimento fueron 4, atendiendo el criterio estadístico que como mínimo los grados de libertad del error experimental sean 12. Todo esto aplicado a un conjunto de unidades experimentales, cuyas medidas se exponen más adelante. Las fuentes de variación, que se estiman podría afectar al

experimento, se las ha circunscrito a dos: el factor involucra a los tratamientos y el efecto que produce el error experimental.

El experimento estuvo compuesto de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo las siguientes medidas 40.00 m de ancho por 50.00 metros de largo, quedando un espacio de 1,0m entre parcelas.

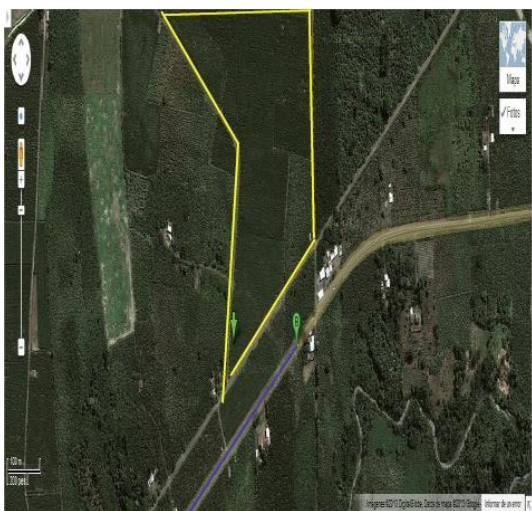


Figura 1. Ubicación del área de muestreo del cultivo de Caña de Azúcar. UTM: 2098909 - 794595.

Población Muestra y Muestreo

Población

Para la investigación se tomó en un lote de 4,141 hectareas, de caña de azúcar variedad Cenicaña, segunda cosecha, ubicado en las coordenadas: Longitud 79° 35' W, Longitud 2° 10' S, Altitud desde 10 hasta 45 msnm, localizado en el Recinto Bananeros Unidos de la Parroquia Mariscal Sucre, perteneciente al Cantón Milagro. Provincia del Guayas a 6 Km. de distancia de la cabecera parroquial

Muestra

De cada tratamiento se definió una muestra probabilística de Tipo Aleatoria Simple (dos macollos por planta); todos los elementos de la población tuvieron la oportunidad de ser elegidos.

Métodos

Se empleó el método científico inferencial inductivo - deductivo experimental bajo los siguientes criterios.

Dinámica poblacional de insectos plaga antes y después de las aplicaciones de los tratamientos.-

Las evaluaciones se realizaron 24 horas antes y después de haberse realizado la aplicación de los tratamientos, donde se registró el número de ninfas, larvas y adultos de los principales insectos plaga, y sus enemigos naturales en dos metros lineales por parcelas, tomando en cada sitio un macollo al azar contabilizando los insectos presentes en la hoja TVD y las 3 inferiores a ella, en vista que las hojas más jóvenes que la TVD aún se mantienen rígidas, las mismas que no son preferidas por las ninfas y adultos de *P. saccharicida*, las hojas antes citadas se revisaban cuidadosamente para evitar que los insectos saltaran.

Porcentaje de daños causado por los insectos.

Para las evaluaciones se evaluarán los daños que presente los brotes o tallos en un 1,0 m al azar por cada parcela donde se aplicaron la dosis de producto en estudio, en el mismo se tomó en consideración la densidad poblacional de la plaga.

Dinámica poblacional de insectos benéficos.

Para determinar la presencia de insectos parasitoides y depredadores de los insectos plaga, se revisó 1 m lineal en dos sitios diferentes por parcela y se contabilizó el número de insectos benéficos presentes en dos macollos tomados al azar.

Identificación Taxonómica de los insectos plaga objetos de estudio y benéficos evaluados.

Su identificación se realizó en el laboratorio de Entomología de la Universidad Agraria del Ecuador. Sede Guayaquil, la colección se mantiene en el museo entomológico de la institución en la Sede de la Unidad Académica Ciudad Universitaria Milagro.

Efectividad insecticida Nimbiol, sobre la población de los insectos, plaga de la caña de azúcar. Se determinó la eficacia mediante la siguiente fórmula de Henderson y Tylton.

$$E = \left[\frac{1 - B_n \times U_v}{B_v \times U_n} \right] \times 100$$

Uv: Población en el testigo antes del tratamiento.

Bv: Población en el tratado antes del tratamiento.

Un: Población en el testigo después del tratamiento.

Bn: Población en el tratado después del tratamiento.

Evaluación de 4 dosis del bioinsecticida Nimbiol, para corroborar los datos de campo a nivel de laboratorio referente a la mortalidad de la población insectil, se utilizaron jaulas confinadas que consistió en colocar cuatro pedazos de hojas TVD-2 o TVD-3, de 10 a 15 cm de tamaño, con el uso de una bomba manual se aplicó las dosis objeto de estudio por cada tratamiento, las jaula confinada consistió en utilizar un balde plástico transparente de capacidad para 15 litros, en el mismo que se le realizó una abertura redonda en la tapa y se le colocó tela velo suizo, para que exista la aireación respectiva, dentro del cual se colocó un pedazo de esponja orgánica de arreglo floral, en el cual se liberaron 10 insectos por tratamiento colectadas en diferentes áreas de cultivo

estos representaron al 100% de la población. Y se evaluó el porcentaje de mortalidad a las 24 y 48 después de la aplicación de los tratamientos, se tuvo previsto realizar hasta las 72 horas, pero los insectos murieron a las 48 horas (Ver anexo).

Técnicas

La técnica para la recolección de datos fue la observación, como técnica que permitió captar las características de los objetos en estudio sometidos a diferentes tratamientos; dentro de los tipos de observación fue una observación experimental considerando el comportamiento de la variable dependiente (población del insecto), por la influencia de la variable independiente (Bio insecticida).

3.3.3 Instrumentos de recolección de datos

De Campo: Libretas de campo, esferos, trampas de muestreo, lupas.

De Laboratorio: Jaulas confinadas, esponjas orgánicas, estero microscopios, bomba manuales, pinzas, termómetro, Lámparas con lupas integradas.

De Gabinete, estanterías o perchas.

Resultados

El comportamiento de la población de ninfas y adultos de *P. saccharicida*, se ajustaron al desarrollo que comúnmente sucede con este insecto plaga, su mayor presencia fue en el mes de Noviembre previo al inicio de la época lluviosa; luego de lo cual empieza a descender en los meses de lluvia, la baja presencia en los meses de Diciembre y Enero podría atribuirse a los factores abióticos tales como temperatura y precipitación, que de alguna manera evitan que la plaga en este estado, esté presente en los macollos de caña (Figura 2).



Figura 2. Adultos de *Perkinsiella saccharicida*, salta hoja caña de azúcar.

Población de Ninfas de *P. saccharicida*

En las figuras 1 y 2 se detallan las poblaciones de ninfas, evaluadas en el periodo comprendido entre septiembre / 2014 a marzo / 2015, antes y después de la aplicación de los tratamientos, respectivamente. Los datos que se reportan corresponden a la presencia del número de ninfas por cada dos macollos muestreados. Asimismo, en la Tabla 1 se presentan los promedios tanto de ninfas como de adultos, evaluados a las 24 horas después de la aplicación de los tratamientos, durante el periodo de investigación.

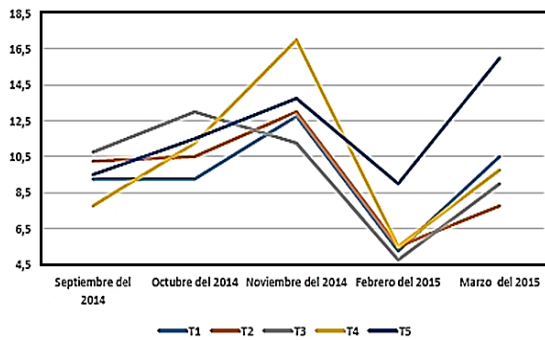


Figura 3. Población de ninfas antes de la aplicación de los tratamientos.

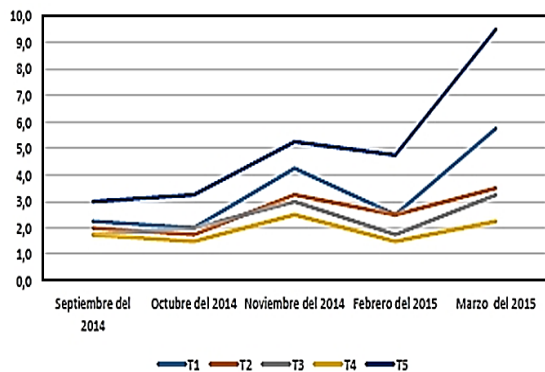


Figura 4. Población de ninfas después de la aplicación de los tratamientos.

Población de Adultos de *P. saccharicida*

En cuanto a los adultos de *P. saccharicida*, en las figuras 3 y 4 se presentan las poblaciones por cada 2 macollos muestreados, antes y después de la aplicación de los tratamientos, respectivamente; durante el periodo que duró la investigación.

Se realizaron cinco monitoreos de los cuales se llegó a tener los siguientes resultados que se indican en la Tabla 1. En las figuras 3 y 4 respectivamente, se puede

ver la fluctuación población del insecto adulto por tratamientos y fechas de monitoreo.

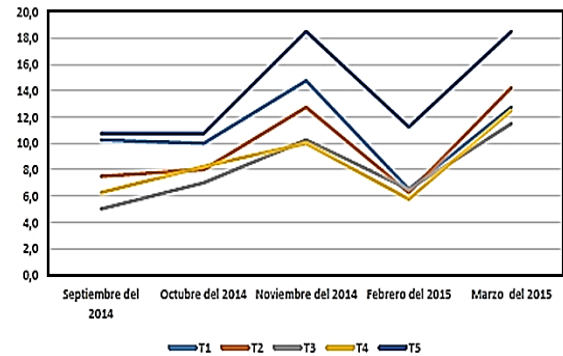


Figura 5. Población de adultos antes de la aplicación de los tratamientos.

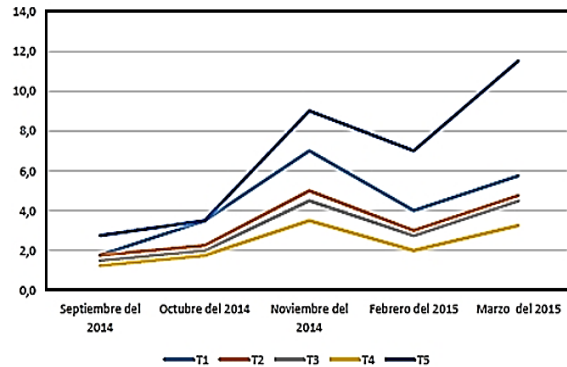


Figura 6. Población de adultos después de la aplicación de los tratamientos.

El producto utilizado en este estudio en sus dosis más altas realizó un control de importancia de este insecto en su estado ninfal (Tabla 1).

Tabla 1. Población de ninfas y adultos, después de la aplicación de los tratamientos, por cada dos macollos muestreados durante el periodo de estudio

Nº	Tratamientos	Promedios	
		Ninfas	Adultos
1	Nimbiol 1,5 L/ha	3,4 b	10,9 b
2	Nimbiol 2,0 L/ ha	2,6 bc	9,8 b
3	Nimbiol 2,5 L/ ha	2,4 bc	8,6 b
4	Nimbiol 3,0 L/ ha	1,9 c	8,1 b
5	Testigo absoluto	5,2 a	14,0 a

Letras iguales no difieren estadísticamente.

Se identificaron tres especies de enemigos naturales que comprenden especies de hábitos depredadores, *Ceraeochrysa* sp

(Neuróptera: Chrysopidae); conocido vulgarmente como crisopa, *Zelus pedestris*, (Hemíptera: Reduviidae) chinche benéfico o chinche pirata, *Polistes infuscatus ecuadorius* (Hymenóptera: Vespidae) avispa colorada o avispa papelera, en incidencias reducidas o esporádicas se encuentran especies de arañas de las familias Salticidae y Tetragnathidae, coleópteros de la Familia coccinellidae, en plantas arvenses *Artemisia vulgaris*, conocido como Altamisas – Artemisa.

La identificación y valoración de los impactos ambientales, podemos determinar que durante el proceso de ejecución de la investigación de aplicación del Nimbiol en caña de azúcar, se originan impactos ambientales: impacto alto positivo 0; impacto Moderado positivo 3; impacto leve positivo 14; impacto alto positivo 25; impacto moderado negativo 36; impacto leve negativo 45 y sin impactos 68 (Tabla 2).

Tabla 2. Identificación y valoración de los impactos ambientales

	Adecuación lote	arvenses Limpieza de	Mantenimiento del cultivo	Descepe y aporque	Fitosanitario Manejo	Agroquímicos Manejo de residuos	Fertilización	Bajado de hojas	Cosecha	Transporte Postcosecha	Total de impactos
Impacto alto positivo											0
Impacto moderado positivo		1	1	1							3
Impacto leve positivo		3	2	5			3	1			14
Impacto alto negativo	1	4	1		3	13	1			2	25
Impacto moderado negativo	3	5	2	2	6	12	4	1		1	36
Impacto leve negativo	10	1	8	4	5	2	3	4	3	5	45
Sin Impacto	4	4	4	6	4	3	6	12	15	10	68

Discusión

Evaluación de la población de ninfas y adultos de los principales insectos plagas

Las poblaciones de ninfas y adultos de *Perkinsiella saccharicida*, pueden estar presentes en las diferentes edades del cultivo de caña de azúcar sea al inicio del segundo al cuarto mes como a partir del noveno mes, en el periodo de zafra, son más frecuente las migraciones poblacionales de adultos desde los canteros que están siendo cosechados hacia las socas o

siembras nuevas. En ciertas ocasiones, estas poblaciones migratorias permanecen poco tiempo en el mismo cantero por lo que su efecto en el desarrollo y en el rendimiento de la caña no es apreciable, dan lugar a nuevas generaciones pueden causar daños o pérdidas en la producción reduciendo toneladas de caña cosechada por hectárea. Para establecer la población de plaga se debe hacer recorridos en el campo tomando en consideración varios puntos del cantero, fijándose en el estado

de desarrollo del cultivo como también en la presencia de fumagina, lo que concuerda con las investigaciones realizadas por Mendoza *et al.* (2000).

Mendoza *et al.* (2000) y Gaviria (1996) expresan que los ataques de *Perkinsiella* en el ingenio San Carlos, causaron una disminución de 30 toneladas de caña por hectárea (TCH), con una población mayor de 16 adultos por brote. En este mismo Las poblaciones de ninfas se encontraron en el envés de las hojas o en hojas que ya cumplieron su ciclo fisiológico y siguen adheridas aun en el tallo, durante la investigación y en el sector donde se ejecutó el ensayo se pudo determinar niveles bajos de los insectos, los adultos se observaron en las hojas TVD - 1 a TVD - 4, presentándose a partir del tercer mes de desarrollo del cultivo y se presentó un rebrote en el noveno mes, a partir de los meses de Febrero y Marzo, las poblaciones son variables según las condiciones ambientales y épocas del año, lo que concuerda con lo expuesto por Mendoza (2000). Quien señala en su investigación que las ninfas son gregarias, permanecen agrupadas en la cara inferior de las hojas y sobre las vainas foliares que están adheridas al tallo; mientras que los adultos se ubican preferentemente en la parte superior de planta, cerca del cogollo. Bajo las condiciones de Ecuador, se presentan variaciones poblacionales muy marcadas durante el año. Estas generalmente se inician durante los meses de época seca y continúan durante la época lluviosa hasta alcanzar su máxima población es en los meses de Febrero o Marzo.

Evaluación de la Población de Insectos Benéficos

La presencia de insectos benéficos predominantes en la investigación fueron *Polistes infuscatus ecuadoriu*; *Zelus pedestris*; *Ceraeochrysa sp*, también se vio de forma esporádica la presencia de odonatos, arañas de las familias Salticidae, se asume que el control de las plagas se debe a la acciones que realizan estos controladores biológicos natural presentes en los campos de caña de azúcar lo que

ingenio, durante las zafras de 1978 a 1995 se registraron pérdidas que variaron entre el 10% y el 34% de la producción (TCH), con poblaciones promedias de 1,4 a 15 adultos y ninfas por brote. En 1996, con poblaciones de plaga a la cosecha que sobre pasaron los 18 adultos y/o ninfas por brote se estimaron pérdidas del 20% en la producción y 10% en el rendimiento de azúcar por toneladas de caña.

concuerda con lo señalado por (GENICANA, 2013) Este insecto presenta varios enemigos de la familia Chrysopidae, tales como *Chrysoperla carnea*, *Chrysoperla rufilabris*, *Leucochrysa sp.*, *Ceraeochrysa cubana* ó *Ceraeochrysa claveri*. Varias de estas especies se pueden criar artificialmente y liberar en cañaverales donde *S. flava*, esté incrementando sus poblaciones, como también con Mendoza *et al.* (2013). El propósito del CINCAE (Mendoza *et al.*, 2013) es desarrollar y establecer un sistema de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que permita reducir o evitar pérdidas en la producción y rendimiento de la caña de azúcar, disminuir los costos de producción y contribuir a la sostenibilidad de estos agro-ecosistemas. En cuanto a las medidas de control, se está dando prioridad al estudio de los factores de mortalidad natural, especialmente al reconocimiento, preservación y aumento de los enemigos naturales.

Identificación Taxonómica del Insecto Plaga y Beneficios Evaluados

En la presente investigación se clasificaron a los insectos registrados de acuerdo al Phylum, Subphylum, clase, orden, super familia, familia, subfamilia, tribu, género, especie, nombre común. El arreglo ordenado de estas categorías, es decir, su clasificación, varía casi con cada autor. Linneo es el padre de la clasificación sistemática o taxonómica de los organismos, por haber sido el inventor del sistema binomial que dio a conocer en la décima edición de su obra "Sistema Naturae". Según este sistema cada organismo tiene dos nombres. El primero corresponde al Género y el segundo a la especie.

En lo que se refiere a la Identificación Taxonómica del insecto plaga. Durante la realización de la presente investigación sobre el uso del Bioinsecticida a base de neem *Azadirachta indica*, se determinó la presencia de tres especies de insectos plagas *Perkinsiella saccharicida*, *Diatraea saccharalis* y *Metamasius hemipterus*; siendo predominante *P. saccharicida*, en las diferentes edades del cultivo lo que concuerda con lo señalado por Mendoza *et al.* (2013). En el Ecuador, hasta ahora, se han registrado 33 especies, la mayoría de las cuales carecen de importancia económica o pasan desapercibidas, por cuanto sus poblaciones se mantienen muy bajas u ocasionan poco daño al cultivo. En la Cuenca Baja del Río Guayas, principal zona azucarera del Ecuador, las plagas principales son: saltahoja *Perkinsiella saccharicida*, barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* y áfido amarillo *Sipha flava*. El manejo de estas plagas está ligado a las condiciones de desarrollo del cultivo y a la expresión dinámica de las poblaciones de las mismas. Por otra parte, Mendoza (2000) manifiesta que hasta ahora se conocen alrededor de 32 especies de insectos que causan daño a la caña de azúcar en nuestro país. Solo unas pocas especies llegan a convertirse en verdaderas plagas, muchas veces originadas por desequilibrios biológicos causados por el uso indiscriminado de insecticidas, siembra de variedades susceptibles o prácticas agronómicas que crean condiciones favorables para la plaga. El rol y su importancia también pueden variar dependiendo del lugar y la época del año. Por ahora las plagas más importantes son: el barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis*, el saltahoja *Perkinsiella saccharicida*, salivazo *Mahanarva andigena* y áfido amarillo, *Sipha flava*. Como plagas secundarias se consideran aquellas que eventualmente requieren alguna medida de control, tales como: piojo algodonoso, *Orthezia praelonga*, gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, falso medidor, *Mocis latipes*, barrenador gigante *Castnia licus* y picudo rayado *Metamasius hemipterus*.

Eficacia de la mejor dosis de bioinsecticida

Las aplicaciones de productos biocidas se debe hacer cuando las poblaciones de insectos se encuentren en estados inmaduros, ninfas del primer o segundo instar de desarrollo en vista que son más fáciles de su manejo. Los agricultores cultivadores de este cultivo no tienen conocimiento de las técnicas de manejo integrado de plagas, no conocen en su mayoría si son insectos plagas o benéficos, generalmente al ver insectos en sus cultivos los lleva a realizar aplicaciones regular de insecticidas muy tóxicos como método de control, muchas veces sin considerar el estado de desarrollo de la plaga, el daño económico y sin tomar en consideración los efectos ambientales. Se debe racionalizar el uso de los insecticidas químicos a fin de causar el menor impacto ambiental en aquellos casos en que sea necesario su empleo y no se disponga de alternativas biológicas. Lo que concuerda con Mendoza (2010). Como también con lo señalado en la Guía para el reconocimiento y manejo de insectos plagas y roedores de la caña de azúcar en Ecuador por Mendoza *et al.* (2013), que la otra alternativa es el control químico, cuya decisión debe estar basada en el nivel de infestación, el estado de desarrollo de la plaga, la edad del cultivo y las condiciones agronómicas del mismo. Para determinar el nivel de infestación se deben hacer varias observaciones (cuatro o cinco) en distintos puntos del cantero, fijándose en el estado de desarrollo de la plaga y en la presencia o ausencia de fumagina, (...), El momento ideal para la aspersión del insecticida es cuando la mayor parte de la población se encuentre en el estado de ninfa (nivel 4), que es el estado más vulnerable a los insecticidas. Los huevos no son eliminados por las aplicaciones normales de insecticidas y los adultos muestran una tendencia a emigrar hacia otros campos después de la aplicación del insecticida. Por otra parte, en caña grande y con abundante follaje es difícil lograr un control eficiente de esta plaga.

El uso de efectos alelopáticos de plantas ayuda también a reducir los niveles poblacionales de insectos plagas en el cultivo de caña de azúcar, en este caso durante la investigación se pudo ver que el producto Nimbiol a base de neem *Azadirachta indica*, presento efectividad para el control del insecto predominante como es saltahoja *Perkinsiella saccharicida*, la finalidad del uso de estos productos es dar la importancia que se merece el manejo ambiental en la plantación, su objetivo primordial, debe ser el de prevenir los impactos o riesgos en la salud de los trabajadores y cambios irreversibles en el ecosistema ocasionados por el empleo de agroquímicos. Lo que concuerda con lo señalado por Gutierrez (2012) quien da a conocer que, en las comunidades bióticas, muchas especies se regulan unas a otras por medio de la producción y liberación de repelentes, atrayentes, estimulantes e inhibidores químicos. La Alelopatía se ocupa de las interacciones químicas: planta - vertebrado, planta- planta, planta- insecto y planta-microorganismo, ya sean éstas perjudiciales o benéficas y el manejo ambiental en la plantación tiene como objetivo primordial, prevenir los impactos sobre la salud de los trabajadores y cambios irreversibles en el ecosistema ocasionados por el empleo de agroquímicos (Navas-Pérez *et al.*, 2012). En los campos agrícolas donde se cultiva caña de azúcar se pudo observar el uso indiscriminado de plaguicidas de síntesis química causando daños al agro ecosistema, serios problemas de contaminación ambiental por motivos de escorrentías que van a parar a los canales de drenajes y muchas veces estos están conectados a fuentes de aguas naturales como son esteros, ríos, con esta finalidad se planteó la presente investigación para dar a conocer alternativas amigables de control de especies de insectos, que indica que el aceite de Neem no es tóxico para el hombre, las aves, lombrices de tierra y otros animales. Por ser un aceite, si es usado en spray directamente sobre las abejas puede afectarlas por lo que se

recomienda su uso cuando no se encuentran presentes. Una vez aplicado, no es nocivo para ellas.

Se pudo determinar que se vio reducción mínima de las especies benéficas después de la aplicación de los tratamientos del producto Nimbiol que contiene azadiractina que es una materia activa de origen natural que resulta bastante eficaz; de hecho, es tan potente que una simple señal de su presencia previene a algunos insectos de incluso tocar las plantas. Su efecto residual dura unos cuatro o cinco días, aunque los efectos sobre estados inmaduros, que se refiere al crecimiento, pierden su actividad normalmente después de uno o dos días bajo condiciones de campo. Se presume también que existe posibilidad que los insectos migren a áreas no aplicadas. En lo que respecta a la efectividad del bioinsecticida Nimbiol *Azadirachta indica*, sobre la población de *Perkinsiella saccharicida*, principal insecto plaga de la caña de azúcar; la mejor dosis fue donde se aplicó 3.0 L/ha. Se encontró que no era tóxico para seres humanos, animales e insectos auxiliares, protegiendo las cosechas con más eficacia que los 200 pesticidas más usados y costosos. Entre varias opciones el neem está identificado como un pesticida natural suave al ambiente. Los insecticidas basados en el Neem no producen efectos tóxicos por contacto sobre organismos útiles. Giraldo *et al.* (2006) señalan que los productos extraídos de ciertas plantas, como el nim (*Azadirachta indica* Juss), tiene como ventaja ser biodegradable y no producir desequilibrio en los ecosistemas al ser de origen vegetal. Estos bioinsecticidas provoca un impacto mínimo sobre la fauna benéfica, son efectivos contra las plagas agrícolas y no tienen restricciones toxicas. Los mismos autores expresan que los extractos de nim actúan en los insectos como fagodesuasivo, antialimentario, inhibidor de crecimiento, disminuyen la fecundidad y la oviposición, disminuye los niveles de proteína y aminoácidos en la hemolinfa e interfiere la síntesis de quitina. Estas características hacen que las

sustancias obtenidas del nim no funcionen como tóxicas, sino que intervienen en los procesos químicos y fisiológicos de los insectos, y Navas-Pérez *et al.* (2012) señalan que los biopesticidas son derivados de materiales naturales como animales, plantas, microorganismos, minerales. Los bioplaguicidas son altamente específicos contra las plagas objetivo y generalmente poco o ningún riesgo para las personas o el medio ambiente. Los pesticidas tradicionales, por el contrario, en general son materiales sintéticos, que no solo afectan a la plaga objetivo, sino también organismos no deseados, tales como insectos benéficos, la vegetación circundante y la vida silvestre.

Evaluación de posibles impactos ambientales causados por el bioinsecticida

En lo que respecta a los impactos ambientales que causa el bioinsecticida Nimbiol *Azadirachta indica*, en los ecosistemas de la caña de azúcar; es muy pocos, porque es eficaz para el control de insectos plaga, su naturaleza biodegradable, sumándose a ello su relativa seguridad para los organismos benéficos en el ambiente, evitando el surgimiento de poblaciones de insectos resistentes, su contenido proviene de plantas, se lo considera como un producto amigable, no es tóxico para el agricultor, causa mínimos daños a los insectos benéficos, es un repelente que inhibe la alimentación del insecto, no causa contaminación del agua, aire, suelo, lo que concuerda con lo señalado por Navas-Pérez *et al.* (2012) quienes señalan que los bioplaguicidas son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación del medio ambiente. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueve el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda va a reemplazar

gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos. En la producción agrícola, en ambientes libres de contaminación, los bioplaguicidas son sustituidos ideales para sus homólogos químicos tradicionales. El gran problema con esta riqueza natural es que las acciones humanas la están destruyendo. Al igual que en otros lugares del mundo, la mayoría de estas especies en el Ecuador están amenazadas con la extinción. Expresa que las iniciativas de los gobiernos nacionales, como la reducción o eliminación de las subvenciones a los precios, pueden tener importantes efectos beneficiosos, gracias a la reducción del uso de plaguicidas. Junto con la capacitación en manejo integrado de plagas, la menor utilización de plaguicidas puede ser un instrumento eficaz para conseguir ventajas ecológicas (incluida la calidad del agua) y económicas a nivel local.

Otra causa para la contaminación del agua, aire, suelos, es el uso inadecuado de plaguicidas nocivos en la agricultura. Algunos estudios han informado de numerosos casos en que la contaminación es producida por la actitud irreflexiva o ignorante de campesinos que lavan los utensilios de los plaguicidas en el agua de los ríos, quebradas, lagos y lagunas. La alteración química puede producirse por el vertido de preparaciones de productos fitosanitarios o fertilizantes, así también, de solventes a las aguas u otros elementos. En relación a las alteraciones físicas del agua, se puede mencionar los cambios de temperatura, color, sabor y olor, producción de espumas, presencia de material en suspensión, etc. La alteración biológica del agua ocurre cuando presenta bacterias, virus u otros organismos patógenos. Estos cambios se incrementan cuando el ser humano vierte directamente sus aguas servidas a fuentes y cauces, así como también fecas y aguas provenientes del lavado de establos, pudiendo provocar enfermedades en la población humana y, eventualmente, sobre la vida silvestre. La contaminación difusa se asocia a actividades agrícolas como la fertilización.

Conclusiones

El mayor promedio de la población de ninfas y adultos de *P. saccharicida*, se presentó en el testigo con 11,96 y 14,78 insectos antes de la aplicación del bioinsecticida por cada dos macollos muestreados y después de la aplicación su promedio fue para 1,9 ninfas mientras que para adultos 8,1; presentaron los niveles más bajos donde se aplicó el tratamiento 4, en dosis 3 L/ha, lo que demuestra el efecto positivo del bioinsecticida. Los insectos plagas y benéficos identificados taxonómicamente que existieron fueron el Saltahoja o chicharrita *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy; Barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* Fabricius; Picudo rayado *Metamasius hemipterus* Linneo, predominando el primero. Los insectos benéficos predominantes durante la ejecución de la investigación fueron la Avispa colorada *Polistes infuscatus ecuadorius*; Crisopa *Ceraeochrysa* sp Henderson; chinche benéfico *Zellus*

pedestris Fabricius., lo que demuestra que el uso del bioinsecticida Nimbiol no afecta la población de los controladores biológicos. Se determinó que el tratamiento que presentó mayor eficacia fue el tratamiento 4 que consiste en la aplicación de 3 L/ha. Con un promedio de eficacia de 50,5 % para ninfas y 37,4% en adultos.

De acuerdo a la matriz aplicada se determinaron impactos ambientales negativos en el sistema de agua abierta por el mal uso de agroquímicos, por accidentes con el transporte y almacenamiento. Contaminación de aire debido a la combustión del bagazo. Contaminación del aire y efectos en la salud debido a la quema de caña de azúcar y sus residuos. Reducción de visibilidad en las carreteras debido a la quema de residuos y de la caña. Efectos en la salud humana, tanto de los trabajadores como de la población local debido a los agroquímicos.

Referencias bibliográficas

- Cantus, L.A.; Saenz, C.; Perez, L.; Gutierrez, L. 2012. Bioinsecticida vs. Insecticidas químicos. Ciencia Abierta 8 (30): 18-20.
- CENICAÑA - Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2013. Barrenadores del tallo: *Diatraea saccharalis* y *D. indigenella*. Plagas de Importancia económica. Disponible en línea: <http://www.cenicaña.org>
- Estrada, J.; Lopez, M.; Castillo, B.; Puig, N. 2007. Bioinsecticidas de nim en la agricultura urbana. Agricultura orgánica 3: 44-45.
- Gaviria, J. 1996. El "saltahoja hawaiano" *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Homóptera: Delphacidae) en la cañicultura del Ecuador. I Simposio Nacional de Plagas de la Caña de Azúcar, agosto 29 al 30. Guatemala. 35 pp.
- Giraldo, H.; Vargas, A.; Sarmiento, A., Hernandez E.; Amaya, F.; Ramirez, M.; Ramirez, F.; Contreras, E. 2006. Evaluación de bioplaguicidas para el manejo del saltahoja verde de la caña de azúcar *Saccharosydne saccharivora* (Westwood) (Hemiptera: Delphacidae) en el Valle San Antonio - Ureñas. Tachira. Venezuela. Revista Científica Tropical 56: 253-276.
- Gutierrez. 2012. Implementación de control biológico y alelopatía en el municipio de Gutierrez. Disponible en: <http://controlbiologicogutierrez.blogspot.com/>
- Mendoza, J; Martinez, I; Ayora, Y. 2000. Manejo del saltahojas de la caña de azúcar *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy (Homóptera : Delphacidae) en el Ecuador. 24 pp.
- Mendoza, J. 2010. Manejo integrado de insectos plaga de la caña de azúcar en el Ecuador. Carta Informativa. El Triunfo. Ecuador. 12 pp.
- Mendoza, J.; Gualle, D.; Gomez, P. 2013. Guía para el reconocimiento y manejo de insectos plagas y roedores de la caña de azúcar en el Ecuador. 3 ed. El Triunfo, Ecuador. Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador (CINCAE) 33 pp.
- Navas-Perez, C.; Garcia-Gutierrez, C.; Camacho-Baez, J.; Vasquez-Montoya, L. 2012. Bioplaguicidas Una opción para el control biológico de plagas. Revista Ra Xinhai 8(3): 1-29.