

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS**

**EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE
CARACOLES (*Opeas pumilum* y *Ceciliodes aperta*) DURANTE EL
SEGUNDO CICLO DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* var.
comosus) EN FINCA FRUTROPIC S.A, SAN CARLOS**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
bachillerato en Ingeniería en Agronomía

HANS SALAZAR QUIRÓS



Carrera de Ingeniería en
Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos

SANTA CLARA, 2019

**EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DE
CARACOLES (*Opeas pumilum* y *Ceciliodes aperta*) DURANTE EL
SEGUNDO CICLO DEL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* var.
comosus) EN FINCA FRUTROPIC S.A, SAN CARLOS**

HANS SALAZAR QUIROS

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA



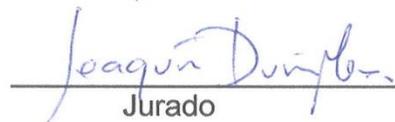
Asesora principal

Ing. Agr. Edier Varela Villalobos, Lic.



Jurado

Ing. Agr. Joaquín Duran Mora, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez MGA.



Coordinadora

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, MSc.



Director

Escuela de Agronomía

2019

DEDICATORIA

A Jehová que siempre está conmigo y nunca me abandona, a pesar de que muchas veces yo mismo he hecho lo contrario.

A mi padre † Carlos Salazar por decirme siempre que la mejor herencia que me podía dar era el estudio, además de características que una persona debería tener para ser feliz a lo largo de la vida y también por ser la persona que me inspiró a estudiar ciencias agrícolas, específicamente agronomía.

A mi madre Gladys por forjar en mí y mis hermanos el valor del estudio y el trabajo como herramienta para luchar, vencer y lograr objetivos que nos trazamos a lo largo de la vida.

A mi madre Leila también por apoyarme en momentos muy difíciles al inicio de mi carrera universitaria, además de brindarme su cariño incondicionalmente.

A mi novia Carolina por ayudarme a entender que en esta vida también se ocupa el compromiso con el estudio y el valor de una excelente compañía en la vida, además de darme la oportunidad de amar a una persona tan especial y solidaria con mi persona.

A mis hijos Carlos Alberto y Matías por regalarme la sonrisa más preciosa que recuerde a lo largo de mi existencia, además, de ser parte importante en mi desarrollo como persona, padre e individuo de una sociedad que requiere mejores ciudadanos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Jehová Dios por estar siempre en cada paso que doy, a mis padres, hermanos y familia más cercana por acompañarme a lo largo de mi vida.

A mi tío Abraham Salazar por ayudarme a seguir mi carrera en un momento muy difícil de mi vida y en el cual no me dejó a la deriva. También a mis tíos Miguel, Mayra y Virginia que de una u otra manera me apoyaron a lo largo de este proyecto de vida.

Quiero agradecerle a mi hermana Gabriela quien también estuvo presente en momentos en los cuales requería apoyo de todo tipo.

A Zulay Castro por ayudarme e incentivar a que terminase con este documento para finalizar esta etapa de mi vida. En la misma línea agradezco a don Arnoldo Gadea también por su apoyo y por creer en mis capacidades y forma de trabajo.

A todos mis compañeros José David, Mauricio, Keiner, Alex, Gabriel, Edier, Fabián y otros de otras carreras como Luis Alonso con los cuales compartí momentos felices y difíciles, además de valorar la importancia del trabajo en equipo.

A mis amigos Félix y don Efraín quienes también confiaron en este servidor un proyecto de desarrollo muy importante del cual creyeron, era el indicado.

A todos los educadores desde el jardín de niños hasta el Instituto Tecnológico por enseñarme cosas que en algún momento de mi vida me ayudarían a ser mejor persona y mejor profesional.

A mi compañero de trabajo Edier Varela, por apoyarme para terminar este proyecto.

INDICE DE CONTENIDO

| Título | Página |
|---|---------------|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTOS..... | II |
| INDICE DE CONTENIDO..... | III |
| INDICE DE CUADROS | VI |
| INDICE DE FIGURAS | VII |
| RESUMEN | IX |
| ABSTRACT | XI |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Clasificación taxonómica de la piña..... | 3 |
| 2.2 Características del híbrido de piña MD-2..... | 3 |
| 2.3 Plagas del cultivo de piña | 3 |
| 2.3.1 Insectos que atacan fruto y raíces..... | 3 |
| 2.4 Los caracoles terrestres..... | 5 |
| 2.5 Clase gastrópoda..... | 5 |
| 2.6 Anatomía de los gastrópodos | 6 |
| 2.7 Identificación de Opeas pumilum y Ceciliodes aperta | 6 |
| 2.8 Hábito | 7 |
| 2.9 Daño | 8 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.10 | Control de moluscos..... | 8 |
| 2.10.1 | Control químico | 9 |
| 2.10.2 | Clorpirifos | 10 |
| 2.10.3 | SWAT® 75 WG | 10 |
| 2.10.4 | Control biológico..... | 11 |
| 2.10.5 | Control cultural | 12 |
| 2.10.6 | Costo de prácticas de combate de caracoles..... | 12 |
| 3 | MATERIALES Y MÉTODOS | 13 |
| 3.1 | Localización del Estudio | 13 |
| 3.2 | Periodo de estudio..... | 13 |
| 3.3 | Área experimental..... | 13 |
| 3.3.1 | Parcela experimental..... | 14 |
| 3.3.2 | Evaluaciones y localización espacial de las unidades de observación | 14 |
| 3.3.3 | Muestreo | 15 |
| 3.4 | Tratamientos evaluados..... | 19 |
| 3.5 | Método de aplicación | 19 |
| 3.6 | Diseño estadístico | 19 |
| 3.7 | Variables evaluadas | 20 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 4.1 | Incidencia de caracoles (<i>Opeas pumilium</i> ; <i>Ceciliodes aperta</i>)..... | 22 |
| 4.2 | Población de caracoles por planta..... | 30 |
| 4.3 | Efectividad de control de caracoles | 33 |
| 4.4 | Mortalidad de caracoles..... | 35 |
| 5 | CONCLUSIONES..... | 38 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 6 RECOMENDACIONES | 39 |
| 7 BIBLIOGRAFÍA | 40 |
| 8 ANEXOS | 44 |
| Anexo 1..... | 44 |
| Anexo 2..... | 46 |
| Anexo 3..... | 48 |
| Anexo 4..... | 49 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro N° | Título | Página |
|-----------|--|--------|
| 1. | Distanciamiento de siembra en piña empleado en finca Frutropic S.A, Pital, San Carlos, 2018. | 14 |
| 2. | Tratamientos a evaluar en la aplicación del insecticida SWAT 75® WG, San Carlos, 2015. | 19 |
| 3. | Porcentaje de incidencia de caracoles a los 0 DDA, en la evaluación del insecticida SWAT 75® WG, San Carlos, 2018. | 24 |
| 4. | Porcentaje de incidencia de caracoles a los 15 DDA, en la evaluación del insecticida SWAT 75® WG, San Carlos, 2018. ¡Error! Marcador no definido | |
| 5. | Porcentaje de incidencia de caracoles a los 24 DDA, en la evaluación del insecticida SWAT 75® WG, San Carlos, 2018. ¡Error! Marcador no definido | |
| 6. | Porcentaje de incidencia de caracoles a los 36 DDA, en la evaluación del insecticida SWAT 75® WG, San Carlos, 2018. ¡Error! Marcador no definido | |

INDICE DE FIGURAS

| Figura N° | Título | Página |
|------------------|--|---------------|
| 1. | Daño inicial inducido por a. <i>Opeas pumilum</i> (Pfeiffer), b. <i>Cecilioides aperta</i> (Swainson), c. Raíz tierna de piña, d. caracol introducido en la raíz, e. perforación..... | 8 |
| 2. | Esquema de selección de las unidades muestrales en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018. | 16 |
| 3. | Identificación de cada parcela experimental y de la parcela útil para la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018. | 16 |
| 4. | Identificación en campo de las parcelas empleadas en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018. | 17 |
| 5. | Rotulación de parcela experimental antes de la primera evaluación de insecticidas para control de caracoles, San Carlos, 2018. | 17 |
| 6. | Identificación de parcelas por medio de cintas plásticas para delimitar el área de muestreo posterior con cintas de color amarillo y rojo en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018. | 18 |
| 7. | Identificación de parcelas por medio de cintas plásticas para delimitar el área de muestreo posterior con cintas de color amarillo y rojo en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018. | 18 |
| 8. | Condición de raíces de planta de piña al diagnóstico (0 dda), en evaluación del insecticida para control de caracoles, San Carlos, 2018. | 22 |

| | |
|--|----|
| 9. Alto contenido de materia orgánica en descomposición en la entre cama de siembra, durante evaluación del insecticida para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 23 |
| 10. Caracol adulto (a) y huevos de caracol (b) encontrados durante el muestreo pre-aplicación de tratamientos de acción insecticida para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 25 |
| 11. Huevos de caracol identificados en el muestreo pre-aplicación de tratamientos durante evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 25 |
| 12. Individuos nuevos observados a partir de los 15 dda durante evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 28 |
| 13. Incidencia de caracoles en piña durante la evaluación de insecticidas para control de caracoles, San Carlos, 2018..... | 29 |
| 14. Presión de caracoles al diagnóstico (0 días) en piña durante la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 30 |
| 15. Población de caracoles por planta, en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018..... | 32 |
| 16. Porcentaje de efectividad de control de caracoles durante la evaluación de insecticida clorpirifos SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018..... | 33 |
| 17. Porcentaje de mortalidad de caracoles, en evaluación de insecticidas para su control en piña, San Carlos, 2018..... | 35 |

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el insecticida clorpirifos (SWAT® 75 WG) para el control de caracoles (*Opeas pumilum* y *Cecilioides aperta*), en plantación de segunda cosecha en el cultivo de piña, se condujo el siguiente experimento en la finca Frutropic S.A. Se implementó un diseño de Parcelas Divididas con cuatro mediciones en el tiempo, con dos tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron clorpirifos (SWAT® 75 WG) a una dosis de 4,0 kg por hectárea y benfuracarb (ONCOL® 40 EC) en dosis de 8,0 litros por hectárea, ambos en un volumen de agua de 4000 litros; este último se consideró como tratamiento comercial de la finca. La aplicación de los tratamientos se realizó inmediatamente después de un muestreo previo, que reveló la condición inicial de la aplicación. Se observaron los tratamientos transcurridos 5 días, 24 días y 36 días después de aplicados (dda). La incidencia de caracoles en el tratamiento con clorpirifos reflejó disminución de un 10% a los 15 dda y sostenido a los 24 dda. A partir de este punto se dio un incremento en la incidencia hacia los 36 dda. En contraposición, el tratamiento con benfuracarb finalizó con un incremento en la incidencia de caracoles de 46% a los 36 dda. Los resultados indican un efecto sostenido de control del clorpirifos cercano a los 24 días. Esto se reflejó en la población de caracoles, ya que en el área tratada con clorpirifos hubo disminución del 64% y 57% transcurridos 15 dda y 24 dda respecto al inicio de aplicación de los tratamientos, para finalizar con la misma cantidad de individuos a los 36 dda. En el tratamiento de benfuracarb hubo un incremento en la población de caracoles de un 75% a los 36 dda, respecto al inicio de las aplicaciones. La efectividad de control presentada por el clorpirifos fue en incremento hasta los 24 dda, entre 24% y 33%, a partir de entonces mostró disminución muy significativa al llegar a los 36 dda, tiempo en cual empezó a disminuir efectividad de control, como lo evidencia también la mortalidad de caracoles para el mismo tratamiento de clorpirifos donde hubo valores entre el 31% y 38% para los 15 dda y 24 dda respectivamente y se redujo hasta el 3,3% a

los 36 dda. El tratamiento de benfuracarb no tuvo efecto alguno sobre la mortalidad, pues se presentó incremento durante cada momento de evaluación.

Palabras clave: clorpirifos, benfuracarb, incidencia, población, efectividad de control, mortalidad.

ABSTRACT

In order to evaluate the insecticide chlorpyrifos (SWAT® 75 WG) for the control of snails (*Opeas pumilum* and *Cecilioides aperta*), in the second crop plantation in the pineapple crop, the following experiment was conducted at the Frutropic S.A. A design of Divided Plots with four measurements in time, with two treatments and four repetitions, for a total of 32 experimental units was implemented. The treatments evaluated were chlorpyrifos at a dose of 4.0 kg per hectare and benfuracarb (ONCOL® 40 EC) at a dose of 8.0 liters per hectare, both in a water volume of 4000 liters; The latter was considered as commercial treatment of the farm. The treatments were applied immediately after a previous sampling, which revealed the initial condition of the application. The treatments were observed after 5 days, 24 days and 36 days after applying (dda). The incidence of snails in the treatment with chlorpyrifos reflected a decrease of 10% at 15 days and sustained at 24 days. From this point there was an increase in the incidence towards 36 dda. In contrast, treatment with benfuracarb ended with an increase in the incidence of snails of 46% at 36 days. The results indicate a sustained control effect of chlorpyrifos close to 24 days. This was reflected in the snail population, since in the area treated with chlorpyrifos there was a decrease of 64% and 57% after 15 days and 24 days with respect to the beginning of the application of the treatments, to subsequently end with the same amount of individuals at 36 dda. In the treatment of benfuracarb there was an increase in the snail population of 75% at 36 days, compared to the beginning of the applications. The control effectiveness presented by chlorpyrifos was increased until 24 days, between 24% and 33%, thereafter showed a very significant decrease when reaching 36 days, at which time control effectiveness began to decrease, as evidenced by the mortality of snails for the same treatment of chlorpyrifos where there were values between 31% and 38% for 15 days and 24 days respectively and it was reduced to 3.3% at 36 days. The benfuracarb treatment had no effect on mortality, as there was an increase during each evaluation moment.

Keywords: chlorpyrifos, benfuracarb, incidence, population, control effectiveness, mortality.

1 INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es uno de los cultivos más importantes en Costa Rica generando motores de desarrollo en áreas que por lo general tienen pocas oportunidades de trabajo. No obstante, los altos costos de los insumos, así como la lucha contra enfermedades y plagas, hacen que cada día se busquen alternativas que ayuden en una mayor producción y al mismo tiempo se pueda bajar los costos de producción.

Uno de los factores del suelo que más limitan el cultivo de piña, es la baja permeabilidad principalmente en zonas de clima lluvioso, ya que favorece el ataque de plagas en el sistema radical, por lo que debe evitarse el exceso de humedad. Esto, además, puede reducir notablemente la producción por hectárea ya que conduce a bajo peso de plantas al momento de la inducción floral (fuerza) o mortalidad de plantas por causa de enfermedades fungosas o bacteriales. Es por esta razón que se necesitan insecticidas que tengan un amplio espectro de control para plagas de suelo y que además tengan un mayor efecto residual que logre mayor eficacia de control en el tiempo.

Los caracoles (*Opeas pumillum* y *Ceciliodes aperta*) son una plaga de difícil control y en el mercado, son escasos los productos que los controlan eficazmente. Esta plaga causa problemas de enanismo, hojas angostas y desuniformidad en plantación. Generalmente ataca en etapas iniciales del cultivo lo que puede retrasar la llegada al peso óptimo de forzamiento.

Al iniciar el segundo ciclo de producción, existe una gran cantidad de materia orgánica en el suelo producto del recorte en las plantas ejecutado después de la primera cosecha con el objetivo de homogenizar tamaño. Este manejo de la plantación genera un hábitat ideal para la proliferación de caracoles (*Opeas pumillum* y *Ceciliodes aperta*).

Debido a las pérdidas económicas que generan los caracoles (*Opeas pumillum* y *Cecilioides aperta*) en el cultivo de piña y a la escasa información sobre programas con sus respectivos costos de control de esta plaga en Costa Rica, se planteó la siguiente investigación.

1.1 Objetivo general

- Evaluar la efectividad del insecticida clorpirifos (SWAT® 75 WG) en el control de los caracoles *Opeas pumillum* y *Cecilioides aperta* en el cultivo de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) durante el segundo ciclo (segunda cosecha).

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de *Opeas pumillum* y *Cecilioides aperta* pre y post aplicación, en el cultivo de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*)
- Comparar la efectividad de control de clorpirifos (SWAT® 75 WG) sobre *Opeas pumillum* y *Cecilioides aperta* con la efectividad ejercida por el tratamiento convencional de la finca (benfuracarb).
- Estimar el periodo de control del clorpirifos (SWAT® 75 WG) para el control de caracoles en el segundo ciclo en el cultivo de piña.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Clasificación taxonómica de la piña

La piña se ubica en el reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Bromeliales, familia Bromeliaceae, género *Ananas* y especie *comosus*. Y todas las variedades que se cultivan en la actualidad se denominan “cultivares” (*Ananas comosus* var. *comosus*) (Garita 2014).

2.2 Características del híbrido de piña MD-2

Es un cultivar híbrido que se logró producir a partir de la Cayena lisa. La compañía PINDECO (Pineapple Development Corporation), subsidiaria de Del Monte Corporation fue quien introdujo y ha desarrollado el híbrido comercial de piña MD-2, que eventualmente se denominó “Del Monte Gold”. El ciclo productivo es más corto y presenta características organolépticas que le han permitido un mayor número de ventas en el mercado de fruta fresca en Europa y Estados Unidos en comparación con otras variedades (Montero *et al.* 2005).

2.3 Plagas del cultivo de piña

Al igual que otros cultivos tropicales, la piña no está exenta de contar con plagas de interés económico, que pueden llegar a afectar en gran medida su rendimiento y producción final.

2.3.1 Insectos que atacan fruto y raíces

El fruto de la piña es atacado por una gran cantidad de organismos pero los de mayor importancia económica son: la cochinilla harinosa (*Dysmicoccus sp*) que además de ser una plaga cuarentenaria es transmisora de la enfermedad del Wilt y produce exudados que permiten el desarrollo de hongos y que atraen a las hormigas, quienes las protegen de enemigos naturales y las trasladan entre la plantación. Los principales lepidópteros que más atacan la fruta de piña son *Thecla (Strymon megarus)* y el gusano basurero (*Elaphria nucicolora*); el primero

de ellos, penetra en la base carnososa de la bráctea, devora las flores y se construye galerías en el interior del fruto; el segundo, se alimenta de los detritus foliares y sus excreciones se distribuyen en la superficie perjudicando la apariencia del fruto. Algunos coleópteros pueden atacar el fruto causándole gomosis o dañar el sistema radical (Garita 2015).

Los nematodos penetran en las raíces produciendo agallas o dejando lesiones que permiten el ingreso de otros microorganismos como agentes bacterianos o fúngicos. Los sinfílidos, es otra plaga que acata principalmente en zonas muy lluviosas con suelos bien drenados, pueden llegar a ser más letales para el cultivo que los nematelmintos; su principal síntoma es denominado “escoba de bruja”, el cual se genera por la destrucción del tejido meristemático apical de las raíces (Garita 2014).

En el cultivo de piña, los ambientes húmedos con material vegetal en descomposición favorecen la aparición y reproducción de caracoles, los cuales afectan las raíces de las plantas. Su ciclo de vida es de 64 días; entre los 40 días y 57 días aumentan considerablemente de tamaño y da inicio la ovulación, alcanzando su etapa de madurez sexual (Garita 2014). Se ha observado una oviposición mensual de 35 huevos y en el caso de *Opeas pumilum* (Pfeiffer) no requiere que otro individuo fertilice sus huevos, esta característica de hermafroditismo podría presentarse también en *Ceciliodes aperta*, ya que pertenecen a la misma familia (Castaneda, citado por Garita 2014).

En el año 1991 en el Pacífico Sur de Costa Rica, grandes extensiones de cultivo de piña empezaron a mostrar síntomas de enanismo y coloración rojiza en las hojas de algunas plantas; al investigar, descubrieron que las raíces estaban comidas por caracoles casi en su totalidad o las dejaban vacías al comerse su interior (Monge 1996).

2.4 Los caracoles terrestres

Los caracoles son de importancia económica por los daños que provocan en jardines, huertos, viveros, invernaderos, cafetales, plantaciones de cacao y en las áreas de producción hortícola. Debido a su estatus de plaga cuarentenaria se invierten miles de dólares anualmente para su control y en Centro América no hay disponibles estadísticas confiables que evidencien la dimensión de sus daños a cultivos tradicionales y/o no tradicionales (Berg 1994).

2.5 Clase gastrópoda

Entre los moluscos, la clase gastrópoda es la más numerosa; existen más de 75 000 especies vivas y 15 000 fósiles descritas. Es el único grupo que ha conseguido adaptarse al ambiente terrestre en casi todos los tipos de entorno (incluso desiertos) (Ramírez citado por Garita 2014); se les conoce como caracoles, mariposas de mar, liebres de mar y babosas marinas y terrestres. Estos individuos poseen una sola concha y un pie reptante, siendo su característica más llamativa la denominada “torsión de la concha”. La locomoción depende de las contracciones musculares, cilios y secreción de mucus. Tienen hábitos alimenticios muy variados; se incluyen la herbivoría, carnivoría y otros se alimentan de hojas secas o en descomposición y hay algunos que parasitan estrellas y pepinos de mar (Barrientos 2010).

Berg (1994) señala tres subclases, las cuales han sido nombradas en alusión a la posición o característica de su aparato respiratorio. En los *Prosobranchiata*, el órgano respiratorio (branquia) está situado frente al corazón; en los *Opisthobranchiata*, está detrás del corazón, y en los *Pulmonata*, la branquia ha sido sustituida por un pulmón vascular que puede respirar aire o agua, según el hábito de la especie tratada. Los moluscos pulmonados se dividen en tres grandes órdenes: *Stylommatophora*, *Systemmatophora* y *Basommatophora*, siendo el primero de ellos el más grande (caracoles y babosas terrestres).

2.6 Anatomía de los gastrópodos

Los caracoles de ésta clase tienen cabeza, pie y concha (incluyendo la masa visceral). En la cabeza carnosa se ubican cuatro tentáculos que pueden ser retractados, el par más largo posee un ojo pequeño en la punta, dichos órganos solo le sirven para distinguir la luz y la oscuridad. Y los tentáculos cortos son abultados en la punta y probablemente tienen función olfatoria y táctil. La boca está ubicada en el centro de la cabeza debajo de los tentáculos cortos; detrás de la cabeza está el pie, el cual es musculoso, ancho, aplanado y retráctil, características que les permite adherirse a la planta, para reptar y cavar en el suelo. En el dorso del cuerpo está la concha, donde puede esconderse de cualquier amenaza; generalmente, esta estructura posee bandas y tiende a ser más ancha que alta, puede tener entre tres y seis espirales que normalmente giran hacia la derecha. Finalmente, la masa visceral (partes más blandas del caracol) se encuentran contenidas en los anillos superiores de la concha, esta incluye el corazón, estómago, el pulmón sencillo como saco, la glándula genital, riñón, hígado e intestino (Berg 1994).

2.7 Identificación de *Opeas pumilum* y *Ceciliodes aperta*

Myers *et al.* (2015) identifican los géneros *Opeas* y *Ceciliodes* en la clase Gastrópoda, orden Stylommatophora y en las familias Subulinidae y Ferrussaciidae, respectivamente.

En el caracol *Opeas pumilum* (Pfeiffer), la concha está perforada, es pequeña (aproximadamente 8 mm de longitud con siete anillos), alargada con ápice agudo y una superficie tallada con estrías o arrugas débiles, irregulares y transversas. Las suturas son rectas con talladuras profundas. En el caso de *Ceciliodes aperta* (Swainson), la concha es imperforada, muy pequeña, delgada, frágil, lisa y transparente. Los anillos son moderadamente redondeados y su ápice es redondo y romo; los adultos con cinco o seis anillos y 4 mm a 5 mm de longitud, tiene el par de tentáculos pero carecen de ojos. Ambos géneros se encuentran distribuidos en el trópico americano (Berg 1994).

2.8 Hábito

Castañeda, citado por Garita (2014), en un estudio realizado en la zona sur de Costa Rica para evaluar la presencia de caracoles *Opeas pumilum* (Pfeiffer, 1840) y *Cecilioides aperta* (Swainson, 1840) observó, que durante las horas del día no se movilizaron en la superficie, si no que se encontraron debajo de las hojas inferiores de la planta, bajo plantas dejadas en las calles y las caídas a 10 cm, 20 cm y 30 cm de profundidad entre las raíces y en rastrojos. Este mismo autor, afirma que las horas nocturnas son las empleadas por la plaga para movilizarse y que al producirse un incremento en la precipitación; la incidencia se acrecienta, debido a que a mayor humedad se facilita el desplazamiento de los caracoles.

Según Berg (1994), los caracoles se adaptan a condiciones ambientales desfavorables como la sequía, debido a que pueden sellar la apertura de sus conchas cubriéndola de mucosa (el epifragma), la cual se endurece evitando la resequedad; inclusive, algunos moluscos pueden permanecer en estado latente durante varios años volviendo a ser activos hasta que se humedecen. Se alimentan de casi cualquier material comestible, desde microorganismos del suelo, hongos venenosos, siembras de jardín, basura, papel, hasta animales terrestres vivos o en descomposición y sus excrementos.

Los moluscos pueden reproducirse en malezas de las familias gramineae, leguminosae, cyperaceae, compositae, rubiaceae y euphorbiaceae (Garita 2014). Para Banacol (s.f.), las raíces de *Rottboellia conchinchinensis*, *Eleusine indica* y *Emilia* sp son fuente de alimento. Y el cultivo de piña en etapas iniciales es más susceptible al ataque, pudiendo mostrar síntomas como enanismo, desuniformidad en la plantación, coloraciones rojizas y hojas angostas.

Los caracoles pueden encontrar el calcio (carbonato de calcio) aplicado en el suelo y tomarlo como fuente adicional para su crecimiento y endurecimiento de su concha (Castaneda, citado por Garita 2014).

2.9 Daño

Los adultos y estados inmaduros de *Opeas pumilum* (Pfeiffer) y *Cecilioides aperta* (Swainson) emplean una rádula para raspar las raíces tiernas de las plantas (tejido nuevo), generándoles la muerte en pocas horas. Al perforar las raíces (Figura 1), tienen la capacidad de penetrar en ellas y depositar sus huevos allí; el daño ocasionado deja a la planta susceptible al ataque de hongos, bacterias y virus (Leandro 1993).

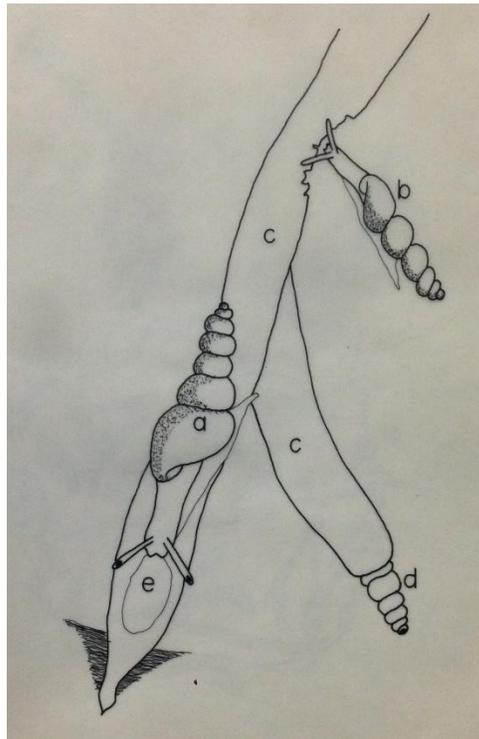


Figura 1.0 Daño inicial inducido por a. *Opeas pumilum* (Pfeiffer), b. *Cecilioides aperta* (Swainson), c. Raíz tierna de piña, d. caracol introducido en la raíz, e. perforación.

Fuente: Leandro 1993

2.10 Control de moluscos

Una de las mayores limitantes para el control de caracoles es el desconocimiento de aspectos como la biología, ecología y hábitos alimenticios de estos. En la actualidad la mayoría de métodos de control están orientados hacia

las babosas, pero también se aplican a caracoles, bajo el supuesto de que se desarrollan bajo las mismas condiciones (Fuentes 2006).

Para Monge (1996), las especies que viven a profundidad en el suelo y los individuos que están en hibernación, o los que en épocas muy secas o de mucho frío se encuentran protegidos por cambios fisiológicos, son particularmente difíciles de controlar.

2.10.1 Control químico

Para Durán y Mora (s.f.) no existen nuevas herramientas en el mercado para el control de caracoles en la agricultura; por tal razón, las medidas aplicadas no dan el resultado esperado. El control químico empleado es de efecto limitado y no será eficaz si no se complementa con medidas como la eliminación de desechos del cultivo en la superficie del suelo después de la poda o cosecha, intercambiar aplicaciones de insecticidas dirigidas contra el insecto en las hojas por aplicaciones de productos granulados o de polvo con menor riesgo de lavado y mayor cobertura en el suelo, rotar el uso de ingredientes activos y extremar las medidas de control al aplicar enmiendas al suelo. Recomiendan el uso de productos comerciales como carbaril, malatión, prothiofos, metiocarb, entre otros.

Castaneda citado por Garita (2014) sugiere que al control de caracoles debe prestársele la mayor atención, dado que se encuentra ligado al tratamiento químico de sinfílicos y nematodos.

Los molusquicidas químicos pertenecen a dos clases, metaldehído y carbamatos. En especies terrestres el uso de cebos envenenados resulta ser eficaz si se distribuye uniformemente por el terreno, pero en todo caso dejan de ser eficaces luego de tres días. Los productos comerciales vendidos como “molusquicidas y atrayentes” suelen no ser ambas cosas (Monge 1996).

El metaldehído tiene la ventaja de que es efectivo en cinturones aislantes y que dura poco tiempo contaminando en el ambiente; pero, si la humedad es alta (por ejemplo, si llueve poco después de aplicarlo) y la temperatura es inferior a 20

°C se descompone con la luz; es un producto solo efectivo contra especies terrestres y es venenoso para peces, aves, reptiles y mamíferos, incluyendo al hombre (Godan, citado por Monge 1996).

Los carbamatos, causan muerte por una marcada relajación muscular y producen un reflejo de huída y un vuelco lateral del animal, su mayor ventaja es la de permanecer activo en condiciones de humedad alta. Sus desventajas son que persiste en el ambiente, son muy tóxicos (afectan cualquier invertebrado, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, incluyendo al ser humano); dañan las plantas, matan más lombrices de tierra (disminución de fertilidad del suelo) y al matar peces y anfibios, favorece la aparición de insectos como los mosquitos (zancudos) (Godan, citado por Monge 1996).

Todos los productos químicos van generando insensibilidad y adaptación del molusco en períodos cortos (por ejemplo, diez generaciones), por lo que el insecticida deja de ser eficaz (Monge 1996).

2.10.2 Clorpirifos

García (2007), con base en su estructura química, incluye al ingrediente activo clorpirifos en el grupo de los fosforados, los cuales se derivan del ácido fosfórico y en su mayoría son insecticidas y nematicidas. En este grupo también está el diazinon, el etoprofos, el dimetoato, el malatión, el metamidofos, el terbufos, etc. Son degradados rápidamente en el ambiente y en la mayoría de los casos poseen una toxicidad aguda relativamente alta, suelen ser bastante volátiles y solubles en grasas y solventes orgánicos; su mecanismo de acción está relacionado con la transmisión de impulsos nerviosos.

2.10.3 SWAT® 75 WG

SWAT® 75 WG es un insecticida organofosforado cuyo modo de acción es de contacto, ingestión e inhalación; no es sistémico. Es un producto de amplio espectro, formulado en gránulos dispersables en agua, lo que reduce su olor y los riesgos de fitotoxicidad, en comparación con las formulaciones de concentrados

emulsionables (CE). Presenta una tecnología especial en su formulación que encapsula al ingrediente activo, liberándolo lentamente; esto le confiere un mayor período de protección que las formulaciones tradicionales. Este producto actúa inhibiendo la acción de la acetilcolinesterasa, haciendo que la enzima acetilcolina no se libere del sitio receptor provocando que el impulso nervioso continúe pasando entre las terminales nerviosas del insecto, lo que desencadena una excesiva transmisión de impulsos nerviosos, parálisis y finalmente la muerte (Dow Chemical Company 2013).

2.10.4 Control biológico

Van Driesche *et al.* (2007) menciona que los intentos de control biológico de caracoles herbívoros con moluscos depredadores han causado impactos desastrosos para otros caracoles. Un caso bien documentado fue el de *Achatina fulica* (Bowdich) conocido como caracol Africano gigante; intentaron controlar este molusco con otros dos, pero fallaron en controlar la plaga y causaron la extinción de numerosas especies de caracoles nativos. En contra parte, en California reportaron un caso aparentemente exitoso; la supresión del caracol de jardín pardo europeo *Helix aspersa* Müller con la introducción del caracol carnívoro facultativo *Rumina decollata* (L.). Por otro lado, los insectos parasitoides pueden ser una mejor opción que los caracoles depredadores, pero en la actualidad este tipo de proyectos constituyen un área emergente cuyos beneficios todavía están por comprenderse completamente.

2.10.5 Control cultural

Una buena preparación del terreno y un buen diseño de drenajes pueden disminuir el riesgo de aparición y reproducción de caracoles. No obstante, debe tomarse en cuenta que en suelos pesados (arcillosos) donde los moluscos pueden encontrar mejores condiciones por la retención de agua en este tipo de suelo, el laboreo excesivo puede compactar el suelo, comprometiendo entonces el crecimiento vegetal. Otra práctica que desfavorece a los caracoles, es el buen control de arvenses, esto impide su presencia en hospederos alternos. El monitoreo y registro de poblaciones permite la identificación de las áreas con mayor presión de la plaga y la planeación de prácticas culturales como la rotación de cultivos y/o barbechos (Varela 2015).

Garita (2014) concuerda con Varela, al citar que las prácticas sanitarias es necesario incluirlas en las plantaciones para controlar de manera integral la plaga, sin dejarle absolutamente todo al insecticida que puede resultar poco eficaz por el hábito de la plaga y los procesos bioquímicos a lo que están sujetos los plaguicidas en el ambiente.

2.10.6 Costo de prácticas de combate de caracoles

Monge (1996) relata la experiencia de una empresa exportadora de *Dracaena marginata* en el Caribe de Costa Rica, quien detectó individuos de caracoles en producto empacado. En un intento de eliminar la plaga, contrató trabajadores para que realizaran una inspección manual de cada empaque, pagándoseles 50 colones costarricenses (año 1990) por caracol hallado; esta práctica tuvo que paralizarse en el momento que algunos empleados empezaron a ganar el equivalente de unos \$370 al detectar hasta 1000 caracoles en un día. Posteriormente, utilizaron cebos de metaldehído en las cajas como atrayente durante dos o tres días; no obstante, los resultados no fueron satisfactorios pues muchos animales escaparon al cebo.

Varela, E. 2015. Prácticas culturales para el control de caracoles en el cultivo de piña (Comunicación personal). San Carlos, Alajuela, CR.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Estudio

Este trabajo se realizó en la finca Frutropic S.A, ubicada en Pital, cantón San Carlos, provincia Alajuela. La finca se encuentra localizada a 10°52'47'' Latitud Norte, 84°23'94 Longitud Oeste, a una altura de 102 m.s.n.m.

Las condiciones climatológicas presentes en el sitio experimental fueron: temperatura máxima promedio de 31 °C, mínima promedio de 19 °C y temperatura media general de 24 °C, precipitación anual de 3000 mm y humedad relativa del 85%.

3.2 Periodo de estudio.

El estudio fue realizado durante los meses de noviembre y diciembre de 2018, considerando la selección de las áreas, la demarcación de las parcelas experimentales, el muestreo pre-aplicación, la aplicación de tratamientos y las tres evaluaciones post-tratamientos.

3.3 Área experimental

El ensayo se llevó a cabo en un área de cultivo de piña híbrido MD-2, en el período post-cosecha, durante el inicio de segundo ciclo productivo (50 días después de cosecha). Las plantaciones comerciales de la finca Futropic S.A corresponden al híbrido MD-2 con una densidad de siembra de 70 000 plantas por hectarea. Para este trabajo se empleó plantación de segunda cosecha, con un distanciamiento de siembra que se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distanciamiento de siembra en cultivo de piña empleado en finca Frutropic S.A, San Carlos, 2018.

| Variable | Longitud (m) |
|-------------------------|---------------------|
| Distancia entre camas | 1,10 |
| Distancia entre hileras | 0,457 |
| Distancia entre plantas | 0,254 |

En el cultivo se realizaron las prácticas agronómicas convencionales de una plantación comercial.

3.3.1 Parcela experimental

Cada parcela experimental estuvo conformada por 16 camas de 80 plantas cada una, para un total de 1280 plantas. Para la ejecución de la investigación se emplearon ocho parcelas experimentales de aproximadamente 447,04 m² (25,4 m x 17,6 m) cada una como lo indica la Figura 2.

Las parcelas experimentales se seleccionaron con una tabla de números aleatorios entre un rango de uno a ocho para asignar tratamientos y repeticiones antes de iniciar las aplicaciones a los 50 días después de la cosecha, como lo muestra la Figura 3.

Para la señalización, rotulación y ubicación de cada una de ellas en el campo se utilizó señales de latón para cada una de las repeticiones (Figura 4 y Figura 5), así como cintas de diferente color para diferenciar muestreos en el tiempo, como se observa en la Figura 6 y Figura 7.

3.3.2 Evaluaciones y localización espacial de las unidades de observación

Para la evaluación de las poblaciones se tomó como parcela útil el área comprendida entre la cama 2 y la cama 14 del bloque comercial. Para contrarrestar el efecto de borde se dejaron sin evaluar las camas 1 y 16 de cada unidad experimental; además, un total de diez plantas (2,54 m) al inicio de cada parcela y de 20 plantas (5,08 m) entre parcelas. Las unidades muestrales se

seleccionaron con una tabla de números aleatorios entre un rango de plantas según el momento de evaluación. El rango muestral fue de 160 plantas por tratamiento. Es importante mencionar que después de las diez plantas que se dejaron para el efecto de borde al inicio de cada unidad experimental, la planta 11 se tomó como la planta 1 de cada parcela útil. A continuación, se detalla la metodología empleada.

Esta metodología permitió abarcar el 81,25% (13 camas) del ancho de trabajo del equipo de aplicación comercial (Spray boom), tanto en camas pares como impares; así como, la hilera 1 y la hilera 2.

- **Evaluación 1:** Pre-aplicación (0 dda), se evaluaron diez plantas, cubriendo el espacio entre las camas 2 y 10. Este primer muestreo se realizó en la hilera 1 de todas las camas y sólo se inspeccionaron las plantas comprendidas entre el rango de la planta 1 a la planta 20.
- **Evaluación 2:** Post-aplicación 1 (12 dda), se evaluaron diez plantas, cubriendo el espacio entre la cama 3 y la cama 12. Esta evaluación se realizó en la hilera 2 de todas las camas y sólo se inspeccionaron las plantas comprendidas entre el rango de la planta 21 a la planta 40.
- **Evaluación 3:** Post-aplicación 2 (24 dda), se evaluaron diez plantas, cubriendo el espacio entre la cama 4 y la cama 13. Esta evaluación se realizó en la hilera 1 de todas las camas y sólo se inspeccionaron las plantas comprendidas entre el rango de la planta 41 a la planta 59.
- **Evaluación 4:** Post-aplicación 3 (36 dda), se evaluaron diez plantas, cubriendo el espacio entre la cama 5 y la cama 14. Esta evaluación se realizó en la hilera 2 de todas las camas y sólo se inspeccionaron las plantas comprendidas entre el rango de la planta 60 a la planta 80.

3.3.3 Muestreo

Los muestreos se realizaron en un diámetro de 10 cm alrededor de la planta y 10 cm por debajo de la base de la misma. De esta manera se logró abarcar la zona de influencia de la plaga en cada una de las plantas evaluadas. Debido a

que en algunos momentos de los muestreos el suelo presentó compactación fue necesaria la extracción de parte del mismo y colocada en balde con agua, eso permitió separar algunos caracoles adheridos a la raíz.

En total durante las evaluaciones se muestrearon 40 plantas por repetición, para un total de 160 por tratamiento. El esquema de las evaluaciones se muestra en la Figura 2.

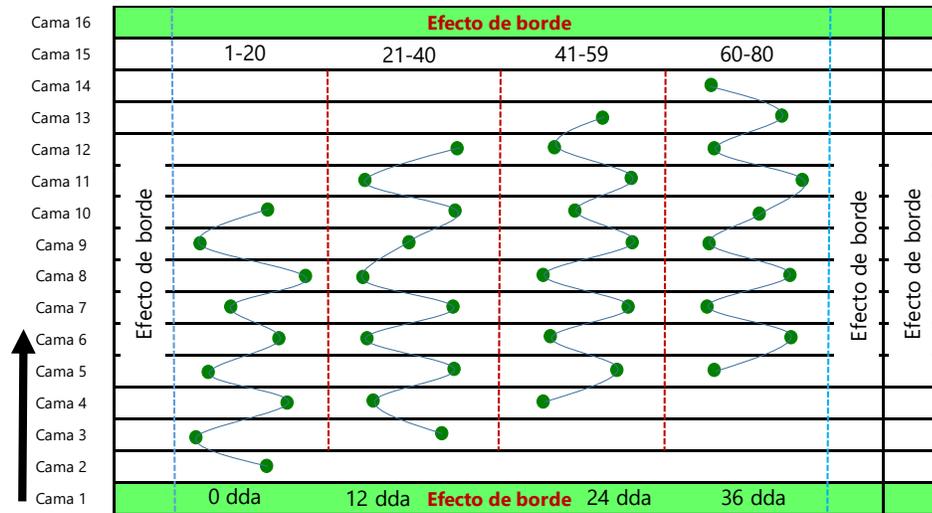


Figura 2. Esquema de selección de las unidades muestrales en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

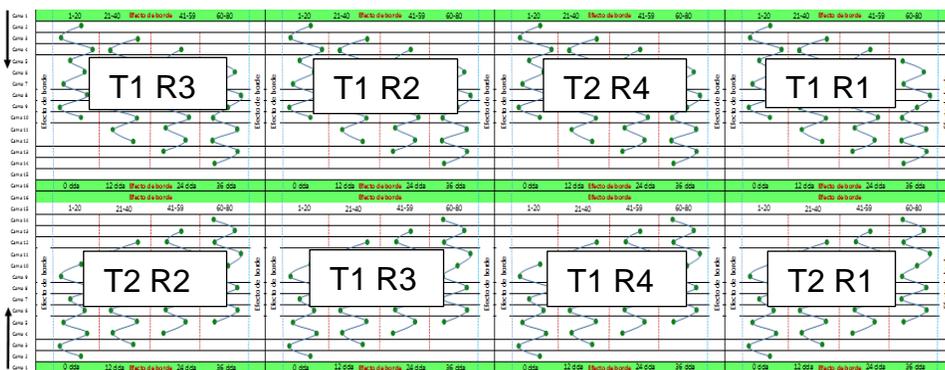


Figura 3. Identificación de cada parcela experimental y de la parcela útil para la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.



Figura 4. Identificación en campo de las parcelas empleadas en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.



Figura 5. Rotulación de parcela experimental antes de la primera evaluación de insecticidas para control de caracoles, San Carlos, 2018.



Figura 6. Identificación de parcelas por medio de cintas plásticas para delimitar el área de muestreo posterior con cintas de color amarillo y rojo en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.



Figura 7. Identificación de parcelas por medio de cintas plásticas para delimitar el área de muestreo posterior con cintas de color amarillo y rojo en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018

3.4 Tratamientos evaluados

Se realizó una única aplicación del insecticida clorpirifos (SWAT® 75 WG) y del producto de uso convencional de la finca, benfuracarb (ONCOL® 40 EC,), este último fue el control (tratamiento Testigo); para las aplicaciones se utilizó el coadyuvante SURLAQ ACTIVADOR® 25% en dosis de 0.10% v/v.

3.5 Método de aplicación

Las aplicaciones se realizaron con equipo de aspersión “spray boom” de 44 boquillas por brazo de aplicación, marca Tee-jet 8006, a una presión de cuatro bares a razón de 1,1 km/h para lograr la descarga de 4000 litros por hectárea. El total de tratamientos evaluados se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la aplicación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

| Numero de tratamiento | Fuente Insecticida | Dosis Kg ó L de PC*/Ha | i.a./ha (g) | Volúmen de agua/Ha | DDC** |
|-----------------------|--------------------|------------------------|-------------|--------------------|-------|
| T1 | Clorpirifos | 4 | 2250 | 4000 | 50 |
| T2 | Benfuracarb | 8 | 3200 | 4000 | 50 |

*PC: producto comercial. **DDC: días después de cosecha.

3.6 Diseño estadístico

Se implementó un diseño de Parcelas Divididas con cuatro observaciones en el tiempo, con dos tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales. El efecto de tratamiento, como fuente de variación en la variable de respuesta estudiada, se determinó a través de un análisis de varianza (ANOVA) con InfoStat, a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Para este diseño el modelo correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{\tau i} + \beta_j + \tau_i * \beta_j + \xi_{\beta j}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable dependiente (observación)

μ = Media general estimada para la población

τ_i = Efecto de la i-ésimo tratamiento

$\xi_{\tau i}$ = Error Experimental asociado al tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo tiempo

$\tau_i * \beta_j$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento con el j-ésimo del tiempo.

$\xi_{\beta j}$ = Error experimental

3.7 Variables evaluadas

- Incidencia: Se determinó la presencia de individuos en la plantación. La incidencia se expresó en porcentaje (%) a partir de la cantidad de plantas en las que se observó al menos un caracol con respecto al total de plantas evaluadas.
- Población de caracoles por planta: Se calculó dividiendo la cantidad de caracoles entre el total de plantas muestreadas por tratamiento, se expresó como cantidad de caracoles por planta.
- Eficacia de control de caracoles: la eficacia de los tratamientos se determinó empleando la fórmula de Abbot (1925):

$$\% \text{ eficacia} = [1 - (N_t / N_t')] \times 100$$

Donde:

N_t : número de individuos en lote tratado, al cabo de t días.

N_t' : número de individuos en lote Testigo, al cabo de t días.

- Mortalidad: la mortalidad de caracoles a nivel de cada tratamiento se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = [(N_0 - N_t) / N_0] \times 100$$

Donde:

No: población inicial.

Nt: población final

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia de caracoles (*Opeas pumilium*; *Ceciliodes aperta*)

El área comercial donde se realizó este trabajo correspondió a una plantación de segunda cosecha que históricamente había sido atacada por caracoles, situación que quedó evidenciada en la condición de las raíces al diagnóstico (Figura 8). Después del primer ciclo productivo en piña, son comunes las labores como la chapea, práctica que genera gran deposición de tejido vegetal en las camas y entre camas de siembra del cultivo (Figura 9); esta situación favoreció la aparición, establecimiento y desarrollo de caracoles. Garita (2014) señala que las condiciones de alta humedad y con altas cargas de material vegetal en descomposición propician el desarrollo de los caracoles. Este trabajo se realizó entre los meses de noviembre y diciembre del 2018, época en la que se reportaron precipitaciones de 368 mm mensuales en promedio (Quirós 2018).



Figura 8. Condición de raíces de planta de piña al diagnóstico (0 dda), en evaluación del insecticida para control de caracoles, San Carlos, 2018.

Quirós, B. 2018. Comportamiento de las precipitaciones en la zona de Pital de San Carlos (Comunicación verbal). San Carlos, Alajuela, Finca Joselyn.



Figura 9. Alto contenido de materia orgánica en descomposición en la entre cama de siembra, durante evaluación del insecticida para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

Una característica sobresaliente de los caracoles es la gran capacidad de adaptación para garantizar su sobrevivencia. Para Berg (1994), los caracoles tienen la habilidad de adaptarse a condiciones ambientales desfavorables como la sequía sellando la apertura de sus conchas con una mucosa calcárea (el epifragma). Esta condición les permite a muchos moluscos permanecer en estado de estivación largos periodos hasta que las condiciones les permita renovar su actividad (Perera *et. al.* Citado por Ranjel y Gamboa 2005).

Nótese en el Cuadro 3, que previo a la aplicación de los tratamientos (0 dda), el porcentaje de incidencia fue de 62,50% para el tratamiento con clorpirifos y de 47,50% para el tratamiento con benfuracarb. Un aspecto importante fue que la plaga mostró una distribución espacial homogénea en ambos tratamientos. La alta incidencia estuvo estrechamente relacionada con la abundante cantidad de

hojarasca presente en las camas y entre camas (Figura 9), situación que Monge (1996) señala como la habitual para el desarrollo de caracoles.

Cuadro 3. Incidencia porcentual de caracoles a los 0 dda, durante evaluación del insecticida para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

| dda | CLORPIRIFOS | BENFURACARB |
|------------|--------------------|--------------------|
| | Incidencia (%) | Incidencia (%) |
| 0 | 62,50 | 47,50 |
| 15 | 57,50 | 77,50 |
| 24 | 57,50 | 72,50 |
| 36 | 77,50 | 70,00 |

Otro aspecto importante de mencionar, es la gran cantidad de huevos observados en el interior de las conchas de los caracoles adultos (Figura 10a) y fuera de ellas (Figura 10b) en la evaluación pre-aplicación de tratamientos.

La cuantificación de huevos no fue objeto de estudio en este trabajo; sin embargo, este hecho se consideró para comprender los resultados encontrados en las dos últimas evaluaciones, aspecto que se discutirá más adelante. Para Castaneda citado por Garita (2014), los caracoles son hermafroditas; o sea, presentan autofecundación y cada individuo puede llegar a ovipositar hasta 35 huevos. La presencia de huevos en la base de las plantas, en las raíces y el suelo (Figura 11) estuvo asociada a la alta población de individuos observados al diagnóstico (0 dda).

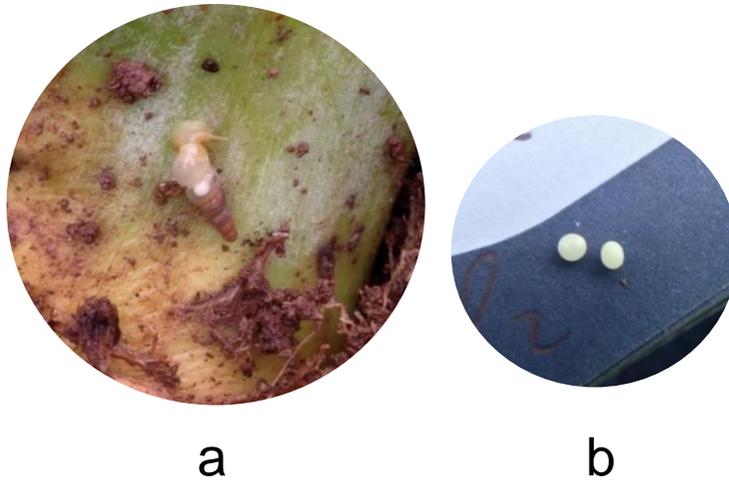


Figura 10. Caracol adulto (a) y huevos de caracol (b) encontrados durante el muestreo pre-aplicación de tratamientos de acción insecticida para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.



Figura 11. Huevos de caracol identificados en el muestreo pre-aplicación de tratamientos durante evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

Transcurridos 15 días después de la aplicación (15 dda) la incidencia en el tratamiento con clorpirifos se redujo en un 5%. La incidencia de individuos pasó de 62,50% a 57,50%, esto posiblemente al mayor efecto “Knock down” del insecticida SWAT® 75 WG, el cual, como su nombre comercial lo señala, contiene en su formulación 750 g de ingrediente activo por kilogramo de producto comercial. Esta alta concentración de clorpirifos pudo haber efectuado un mayor efecto de choque en la plaga. En contraposición, en el tratamiento Testigo (benfuracarb) mostró un incremento del 30% en la incidencia de caracoles, situación que pudo deberse a dos aspectos: El primero de ellos, que el ingrediente activo está indicado para el combate de cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*), del nematodo espiral (*Helicotylenchus sp.*) y del sinfilido (*Scutigerella immaculata*) (SFE 2019a) y, no para el de caracoles; esta especificidad a plagas completamente distintas pudo haberle restado eficacia en lo que al control de moluscos se refiere. El segundo aspecto, pudo haber sido la eclosión de nuevos individuos de los huevos presentes al diagnóstico.

Es relevante citar, que los agricultores comúnmente emplean insecticidas o mezclas de ellos sin contar con una recomendación oficial del fabricante, razón que desencadena la utilización de productos fitosanitarios o mezclas de ellos sin pruebas científicas de eficacia. En el caso del clorpirifos empleado en la evaluación (SWAT® 75 WG), cuenta con registro en el cultivo de piña para el control de las dos especies de caracol plaga en piña: *Opeas pumilum* y *Cecilioides aperta* (SFE 2019b).

Dadas las variaciones en la incidencia a partir de los 15 dda, se esperó el mismo comportamiento para el cierre de las evaluaciones (24 dda y 36 dda) y además la probabilidad de encontrar nuevos individuos debido a la gran cantidad de huevos hallados al diagnóstico. Para el caso de clorpirifos transcurridos 24 dda (Cuadro 3), la incidencia alcanzó el mismo valor que a los 15 dda (57,50%). Esta situación evidenció la posible pérdida de la acción biocida, situación que coincidió con lo señalado por Castro (2002), quien reporta que la degradación del clorpirifos está determinada por la temperatura ambiental y la humedad del suelo,

mostrando una vida media en campo y en condiciones de laboratorio, de entre catorce y 17 días y entre 25 días y 32 días, respectivamente.

Por otra parte, Álvarez *et. al.* citado por Gómez (2017), señalan que el clorpirifos tiene una vida media de entre seis y quince días, la cual está en dependencia de la dosis empleada y de las condiciones edafoclimáticas predominantes. Este mismo autor informa que pasados 21 días, la acción en campo de dicha molécula es prácticamente nula.

En el tratamiento con benfuracarb, a partir de los 15 dda, únicamente exhibió incrementos en la incidencia de caracoles con respecto al valor de 47,50% hallado a previo a la aplicación de los tratamientos (Cuadro 3).

Varela (2019) señala que en las distintas evaluaciones que ha realizado para el control de plagas de suelo en el cultivo de piña, los resultados de campo le han sugerido que los fitosanitarios están sujetos a la pérdida de desempeño por factores como: La alta deposición de materia orgánica, alta actividad biológica en el suelo, limitaciones para que el ingrediente activo llegue a la zona de acción de las plagas de raíz, dinámica de plaguicidas en el ambiente, entre otros. Para García (2007), los plaguicidas sufren mecanismos de degradación como fotólisis, oxidación, reducción, hidrólisis, isomerización y conjugación; razón por la que es valioso conocer la relación entre las características físico-químicas de los fitosanitarios y su comportamiento en el ambiente.

Transcurridos 36 dda, ambos tratamientos sufrieron un incremento con respecto a los valores iniciales de incidencia de caracoles. Para el tratamiento con SWAT® 75 WG, la incidencia finalizó con un aumento del 15,00% y, en el tratamiento con ONCOL® 40 EC, el incremento en la incidencia de caracoles fue de un 22,50%. Lo anterior, posiblemente debido a la alta presión observada desde la pre-aplicación de los insecticidas, a la eclosión de nuevos individuos y a la interacción plaguicida-ambiente. Para Matamoros (s.f.), los huevos son ovipositados en el suelo cerca de la planta cuando el suelo está húmedo y eclosionan entre los quince días

Varela, E. 2019. Resultados de validaciones en piña para el control de plagas de suelo (Comunicación verbal). Zona Atlántica, Limón.

y 20 días. Por lo que fue posible identificar nuevos individuos (Figura 12) a partir de los 15 dda. Al final de las evaluaciones, preliminarmente se logró concluir que, en términos de incidencia, ambos insecticidas se comportaron similar; únicamente con la diferencia del efecto de choque exhibido por el clorpirifos a los 15 dda.



Figura 12. Individuos nuevos observados a partir de los 15 dda durante evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

Como dato importante debe evidenciarse que en el caso del cultivo de piña en Costa Rica *no existe un umbral económico definido* para caracoles como plaga. Razón por la que la severidad no fue propósito de estudio en esta investigación. Esto hace que, en la actualidad, haya diferencia de criterios técnicos con respecto a la cantidad de individuos capaces de producir daño económico, tratamientos eficaces, momento de aplicación y priorización de las acciones de control.

La Figura 13 muestra los valores porcentuales de incidencia de caracoles, nótese que en el diagnóstico pre-aplicación (0 dda) dicho valor fue mayor en el tratamiento con clorpirifos (4 Kg/Ha) en comparación con el tratamiento comercial de finca de benfurcarb en dosis de 8 L/Ha). Seguidamente a los 15 dda, el

clorpirifos mostró una reducción, la cual mantuvo hasta transcurridos 24 dda. A los 36 dda, la presión de la plaga provocó un incremento del 15,00% con respecto al valor inicial (0 dda). En contraposición, el tratamiento con benfuracarb finalizó con un incremento de 22,50% a los 36 dda sobre el valor de 47,50% hallado en el diagnóstico (0 dda).

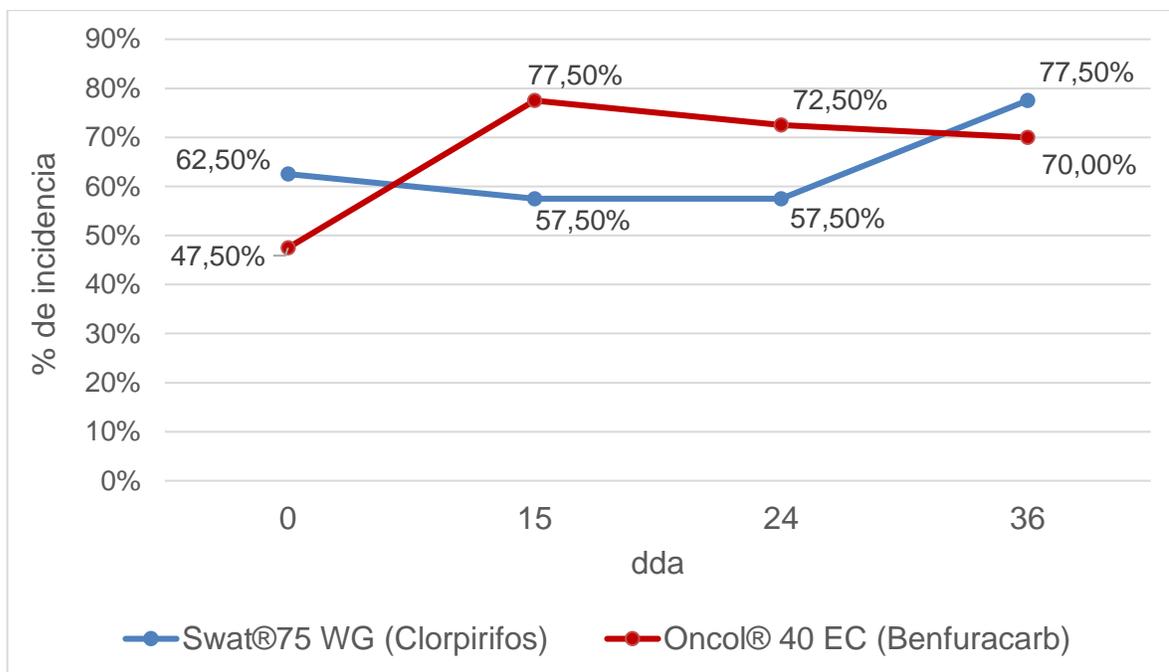


Figura 13. Incidencia de caracoles en piña durante la evaluación de insecticidas para control de caracoles, San Carlos, 2018.

En relación al resultado del análisis estadístico sobre la incidencia porcentual, existió interacción, en donde al menos uno de los tratamientos tuvo efecto en el comportamiento en el tiempo observado ($p \leq 0.0013$) (Anexo 1).

Por esta razón se hizo una prueba de medias de DGC ($\alpha=0.05$), en el tratamiento 1 con clorpirifos la incidencia observada pre aplicación (0 dda) correspondiente al 62,5%, se mantuvo estadísticamente igual transcurridos 15 dda y 24 dda, manteniendo así bajos valores de incidencia (57,5%); transcurridos 36 dda presentó un alza en el porcentaje de incidencia (77,5%) y fue

estadísticamente diferente. Por otra parte, el tratamiento con benfuracarb mostró un incremento significativo en la incidencia (número de plantas con presencia de caracoles) al pasar de 47,5% al diagnóstico (0dda) a 77,5% transcurridos 15 dda y se mantuvo hasta los 36 dda sin diferencias significativas entre sí y con respecto al tratamiento 1 transcurridos 36 dda.

4.2 Población de caracoles por planta

Antes de iniciar con la discusión de la cantidad de individuos por planta debemos mencionar que en este trabajo no fue posible incluir un tratamiento como Testigo absoluto debido a que el productor no podía poner en riesgo su plantación durante el período en que se llevó a cabo este trabajo, el tratamiento comercial aparentemente eficaz en finca fue ONCOL® 40 EC (benfuracarb). Y la evaluación debió centrarse en insecticidas con registro en el cultivo de piña e indicado para el control de caracoles.

Al diagnóstico (0 días), la cantidad promedio de caracoles en el área tratada con clorpirifos de catorce caracoles por planta fue superior con respecto al tratamiento con benfuracarb de ocho caracoles por planta (Figura 15). Sin embargo, fue útil que el área tratada con clorpirifos presentara mayor cantidad de individuos, ya que este tratamiento constituyó el objetivo general del presente trabajo, esto se evidencia en la Figura 14.



Figura 14. Presión de caracoles al diagnóstico (0 días) en piña durante la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

Transcurridos quince días se encontró una reducción de la población de caracoles por planta en el tratamiento con clorpirifos, la cantidad de individuos pasó de catorce a nueve por planta, posiblemente debido al efecto de choque de SWAT® 75 WG. Para Dow Chemical Company (s.f), este insecticida posee la concentración más alta de clorpirifos, característica que le confieren ventajas sobre los clorpirifos tradicionales formulados como emulsión concentrada (EC). A los 24 dda, la cantidad de caracoles por planta se redujo en 6 unidades con respecto al momento del diagnóstico (0 días). Transcurridos 36 dda el tratado con clorpirifos presentó la misma cantidad de caracoles que se observó al diagnóstico (0 días), esto posiblemente debido a la eclosión de huevos observada a partir de los 15 dda, evidenciada en las Figura 10, Figura 11 y Figura 12.

En el área de tratamiento con benfuracarb (Figura 15), únicamente hubo incremento de la cantidad de individuos, que presentó 8 caracoles/planta y al final del periodo presentó 14 caracoles/planta; estos aumentos representaron un 50,75% a los 15 dda y 24 dda, respectivamente. A los 36 dda, finalizó con el mismo porcentaje de individuos identificados en la evaluación anterior. Estos resultados revelaron la imposibilidad o las limitaciones de desempeño de un insecticida no indicado para el control de caracoles como lo fue en este caso ONCOL® 40 EC.

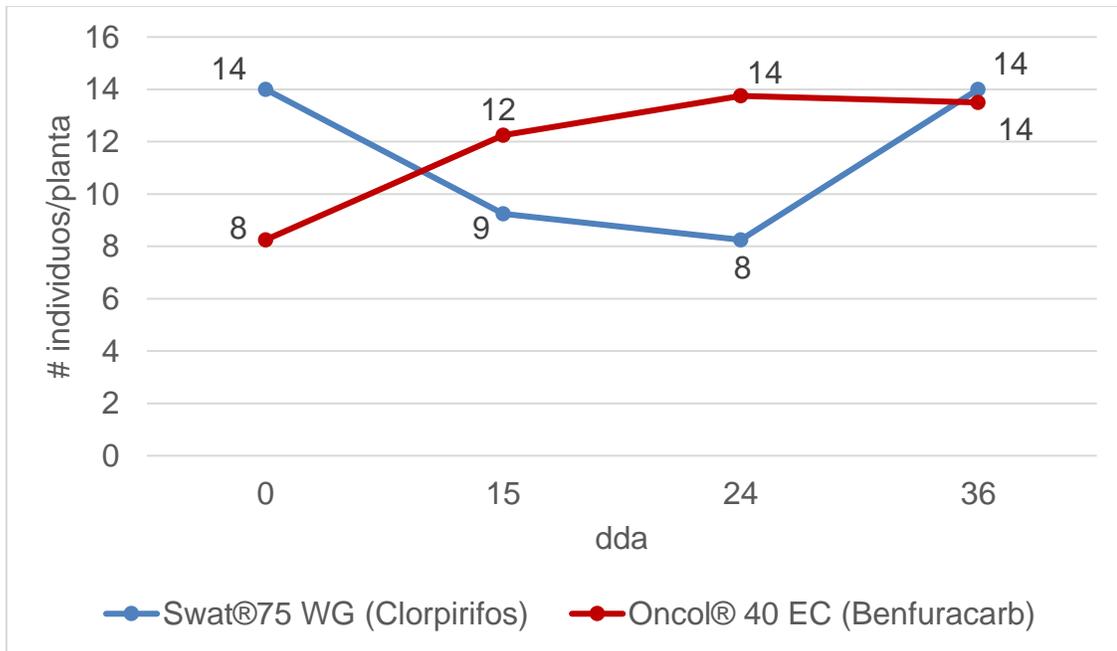


Figura 15. Población de caracoles por planta, en la evaluación de insecticidas para control de caracoles en piña, San Carlos, 2018.

Con base en el resultado del análisis estadístico de población de caracoles por planta (Anexo 2) existió interacción entre tratamientos y días de observación en donde al menos uno de los tratamientos tuvo efecto en el comportamiento en el tiempo en esta variable ($p \leq 0.0200$), esto es observable para el tratamiento de clorpirifos que tuvo una disminución en la población precisamente transcurridos 15 dda y sostenido hasta los 24 dda, debido muy probablemente como se expuso anteriormente al efecto de choque de este insecticida.

Paralelo a esto se hizo una prueba de medias de DGC ($\alpha 0,05$), que mostró que el tratamiento con clorpirifos redujo al diagnóstico (0 dda) de 14 individuos a nueve individuos transcurridos 15 dda y a ocho individuos transcurridos 24 dda e igual a la población pre aplicación de benfuracarb a los 0 dda. Por otra parte, el tratamiento con benfuracarb post aplicación se comportó estadísticamente igual a lo observado en el tratamiento con clorpirifos tanto en la pre aplicación como transcurridos 36 dda.

4.3 Efectividad de control de caracoles

En términos de eficacia y comparativamente, el tratamiento con clorpirifos (SWAT® 75 WG) presentó mayor efectividad de control que el tratamiento con benfuracarb. La Figura 16 muestra que a los 15 dda, el SWAT® 75 WG presentó efectividad de control del 24%, a los 24 dda fue de 33% y a los 36 dda fue de 2%.

En la práctica es difícil lograr eficacia por arriba del 70% con un ciclo de aplicación, razón por la que la estrategia para manejo de caracoles debe basarse en un control integrado incluyendo prácticas culturales como una adecuada preparación del terreno para evitar acumulación de agua en el perfil del suelo una vez establecida la plantación. El manejo de los rastrojos en piña (incluyendo ñongas) es clave en la siembra convencional y en mínima labranza; y el control de malezas en general. La decisión de un segundo ciclo de aplicación de insecticida deberá estar basado en los valores de mortalidad de caracoles obtenidos después del periodo residual del insecticida.

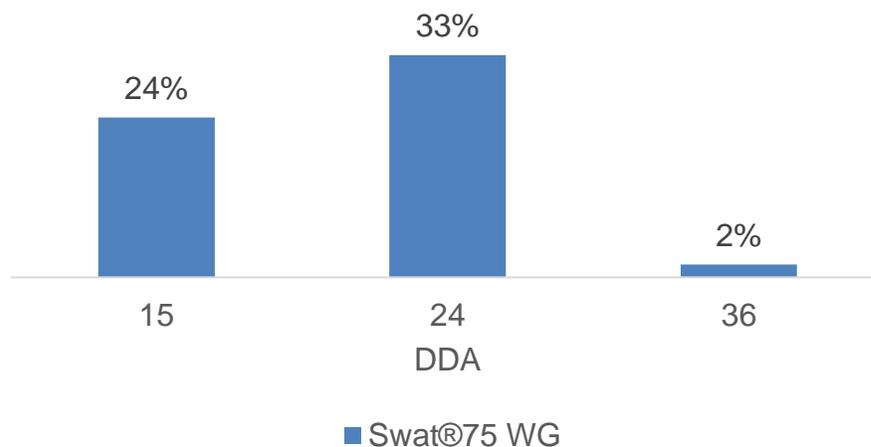


Figura 16. Porcentaje de efectividad de control de caracoles durante la evaluación de insecticida clorpirifos SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018.

Varela y Andrade (2018)¹, con base en experiencias prácticas, sugieren que el uso de un percolador de suelos como adyuvante para el insecticida puede mejorar su desempeño, pues uno de los aspectos más complejos en el control de caracoles radica en la colocación del ingrediente activo en el área de acción de la plaga, para lo que debe considerarse las características físico-químicas del suelo, historial productivo del área y el volumen de agua por hectárea según la época del año.

Al momento de elegir diseño estadístico fue imposible dejar un Testigo absoluto o control para este estudio, por lo que el tratamiento con ONCOL® 40 EC se tomó como tal. Este hecho particular hizo imposible efectuar un análisis de varianza, más no una prueba de medias para identificar diferencias del tratamiento en función de los días de aplicación.

Se hizo una prueba de medias de DGC (Anexo 3), la cual indicó que existe diferencia significativa ($p \leq 0.0356$) respecto a la eficacia de control de SWAT® 75 WG, que indica que con respecto al tratamiento testigo (benfuracarb), el primero le superó en efectividad en 24,0% transcurridos los 15 dda y en 33,0% transcurridos 24 dda sin diferencias significativas. Transcurridos 36 dda tuvo un comportamiento similar al momento de la pre aplicación.

¹Varela, E y Andrade, W. 2018. Prácticas complementarias para el control de caracoles en piña. (Comunicación verbal). San Carlos, Alajuela, Finca Victoria.

4.4 Mortalidad de caracoles

En la Figura 17 se muestran los valores de mortalidad por tratamiento; el SWAT® 75 WG, 4 kg/ha mostró mortalidad de caracoles a los 15 dda y 24 dda, con valores de 22,92% y 31,25%, respectivamente. Mientras que en el tratamiento con Benfuracarb no se determinó mortalidad de caracoles, por el contrario, la plaga exhibió incrementos en cada evaluación a los 15 dda, 24 dda y 36 dda.

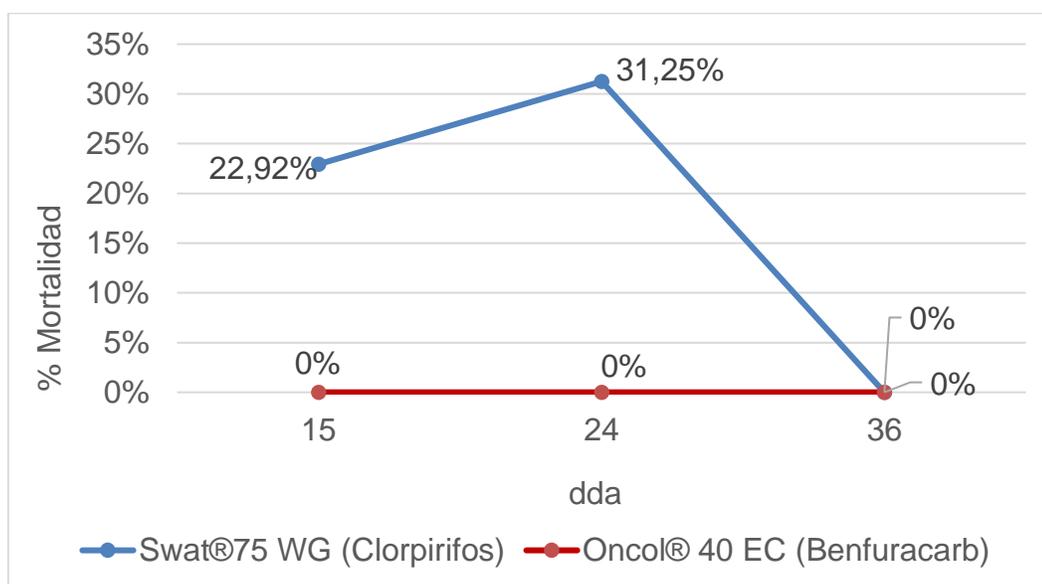


Figura 17. Porcentaje de mortalidad de caracoles, en evaluación de insecticidas para su control en piña, San Carlos, 2018

La Figura 17, resume lo discutido con respecto al desempeño de los insecticidas involucrados en la presente investigación. La mayor problemática que enfrentan los productores de piña en el presente es la carencia de tratamientos altamente efectivos para el control de moluscos, razón por la que muchas veces encontramos en campos mezclas de insecticidas e intervalos muy cortos entre aplicaciones. En la actualidad, el clorpirifos se considera una de las herramientas

fitosanitarias comúnmente empleada para el control de moluscos y de otras plagas de suelo en el cultivo de piña; sin embargo, los resultados de esta investigación señalan grandes limitaciones del insecticida en condiciones de alta presión de la plaga y un alto contenido de materia orgánica, razón por la que la búsqueda de nuevas alternativas con modos de acción distintos a los evaluados en esta investigación, representan una necesidad para el sector.

Otro aspecto importante y que fue mencionado anteriormente, se trata del umbral de acción. El sector piñero carece de valores de referencia para tomar acciones de control y evaluar el nivel de daño económico ocasionado por caracoles, aspecto que dificulta la elaboración de estrategias de control preventivo en el momento oportuno.

El control eficaz de caracoles en el cultivo de piña es una labor ardua, dado que no se reconocen insecticidas sistémicos altamente eficaces. Además, debemos considerar que su concha, es un escudo natural que los protege de las condiciones climáticas adversas y de la acción de los fitosanitarios. Otro aspecto limitante en su control, es el alto contenido de materia orgánica en el periodo de segunda cosecha de piña, escenario en el que comúnmente la plaga de desarrolla exitosamente. Todo esto los hace particularmente difíciles de controlar.

Según el Análisis de Varianza existe interacción y al menos uno de los tratamientos tuvo efecto en el comportamiento en el respecto al porcentaje de mortalidad ($p \leq 0.0300$) (Anexo 4).

La prueba de medias de DGC mostró que en el tratamiento con clorpirifos la mortalidad fue igual transcurridos 15 dda y 24 dda, considerada relativamente alta (31,30% y 37,27% respectivamente) con respecto al tratamiento testigo donde no hubo efecto transcurridos los 36 dda, lo cual podría indicar que el benfuracarb no tiene efecto de mortalidad sobre caracoles bajo los parámetros y condiciones en los que se elaboró esta evaluación.

Con base en los resultados de esta investigación, se consideró que con el uso clorpirifos es posible reducir la incidencia de caracoles transcurridos 15 dda. Sin embargo, en condiciones de segunda cosecha, deberá diseñarse una estrategia integral para que en las áreas con mayor presión, la disminución de individuos presentes en el suelo sea paulatina, de esta forma se podrán percibir mayores beneficios con el uso de los insecticidas.

5 CONCLUSIONES

Tomando en consideración los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se ejecutó la investigación, se concluye que:

- En plantaciones de piña de segundo ciclo de producción la incidencia de caracoles *Opeas pumilum* y *Cecilioides aperta* en áreas tratadas con clorpirifos (SWAT® 75 WG), 4 kg por hectárea, presentó disminución transcurridos 15 dda (24%) y 24 dda (33%) con respecto al tratamiento de uso comercial benfuracarb (ONCOL® 40 EC), 8 l/ha.
- El tratamiento de plantas de piña durante el segundo ciclo de producción con clorpirifos mostró mayor efectividad contra el control de caracoles que el tratamiento de uso comercial con benfuracarb (ONCOL® 40 EC), 8 l/ha. transcurridos 15 dda y 24 dda.
- El período de control que ejerció clorpirifos (SWAT® 75 WG) en condiciones de alta incidencia de caracoles superó los 24 dda en plantaciones de piña durante el segundo ciclo de producción.
- El monitoreo y registro de poblaciones de caracoles (*Opeas pumilum* y *Cecilioides aperta*) permite la identificación de las áreas con mayor presión de plaga; esto posibilita el diseño de estrategias oportunas de control químico y/o cultural.

6 RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó la investigación, se recomienda:

- Validar el desempeño del insecticida clorpirifos en mezcla con un percolador de suelos; esto podría favorecer la acción biocida y proporcionarle un mayor periodo de cobertura.
- Considerar la evaluación de otros ingredientes con acción molusquicida (efecto adulticida y ovicida) con registro en el cultivo de piña y en distintas épocas del año para determinar el efecto ambiental en el comportamiento de los caracoles.
- Debido a la cantidad de caracoles observado durante el periodo de evaluación se recomienda considerar un segundo ciclo de aplicación de insecticida con un intervalo inferior a 36 días entre ciclos.
- En evaluaciones futuras se recomienda cuantificar los huevos de caracoles en las áreas de estudio para establecer correlaciones entre la incidencia de la plaga y la efectividad del insecticida.
- Validar el efecto de la tierra de Diatomea, ya que este producto ha sido reportado por diversos autores como eficaz para el control de moluscos en cítricos en España, debido a su capacidad de adherirse al cuerpo de los insectos provocándoles perforaciones, abrasiones y pérdida de líquidos corporales produciéndoles la muerte por deshidratación.
- Bajo condiciones de alta incidencia de caracoles no usar benfuracarb.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Banacol. s.f. Guía de indentificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña (en línea). Costa Rica. Consultado 11 feb. 2015. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/guia%20identificacion5.pdf>.
- Barrientos, Z. 2010. Clase Gastropoda (en línea). Laboratorio de ecología urbana. Consultado 11 feb. 2015. Disponible en <http://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/wp-content/malacologia-web/queson13.htm>
- Berg, G. 1994. Caracoles y babosas de importancia cuarentenaria, agrícola y médica para América Latina y el Caribe. OIRSA. San Salvador, SV. 132 p. Consultado 11 feb. 2015. Disponible en <http://ns1.oirsa.org.sv/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/CaracoloesyBabosasimportanciaCuarentenaria.pdf>
OIRSA = Organización Internacional Regional de Salubridad Agropecuaria
- Castro, J. 2002. Determinación, Persistencia y Distribución de insecticidas de uso agrícola en el medio ambiente (en línea). Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, España. Consultado 18 abril 2016. Disponible en http://jcastrojimenez.net/web_documents/PhD%20thesis%20JCJ.pdf (consulta hecha a la página web, esperar respuesta).
- Congreso Nacional Agronómico (10), Congreso de Suelos (2, 1996, San José, CR). Moluscos del suelo como plagas agrícolas y cuarentenarias (en línea). J Monge. San José, Costa Rica. Biología Tropical, UCR. Consultado

12 feb. 2015. Disponible en <http://www.bionica.info/biblioteca/Monje1996.pdf>

- Gómez Mora, J. 2017. Eficacia de control de diferentes sustancia sobre caracoles *Opeas pumilum* y *Cecilliodes aperta* en Piña (*Ananas comosus*. var. *Comosus*) Híbrido MD-2 en Finca El Tremedal S.A., San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Agr. Santa Clara, San Carlos, ITCR. 91 p.
- Dow Chemical Company. 2013. Lorsban™ 75 WG. Consultado 13 feb. 2015. Disponible en http://www.dowagro.com/mx/pdf/insecticidas/Ficha_Tecnica_LORSBAN_75.pdf
- Durán y Mora. s.f. Recomendaciones complementarias para el combate de moluscos (en línea). UCR, Costa Rica. Consultado 12 feb. 2015. Disponible en http://www.apoyoexportacion.ucr.ac.cr/boletines/Medidas_combate_de_moluscos_en_la_agricultura.pdf
- García, J. 2007. Introducción a los plaguicidas. San José, CR, EUNED. 472 p.
- Garita, R. 2014. La piña. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica, CR. 568 p.
- Leandro, F. 1993. Biología y desarrollo de los caracoles *Opeas pumilum* (Pfeiffer) y *Cecilioides aperta* (Swainson), en plantaciones comerciales de Piña (*Ananas comosus*) L. Merr Buenos Aires – Puntarenas. Tesis Bac. San Carlos, CR, ITCR. 64 p.
- Lilian Fuentes. 2006. Moluscos de importancia agrícola (en línea). Revista

Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias no. 11. Consultado 12 feb. 2015. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n11/articulos/entes_1.htm

- Montero, M; Cerdas, M. 2005. Guías Técnicas del Manejo Poscosecha de Piña para el Mercado Fresco. San José, C.R.: MAG, 2005. 46 P.
- Myers, P; Espinosa, R; Parr, C.S; Jones, T; Hammond, G.S y Dewey, A. 2015. Mollusca (en línea). The animal Diversity Web, University of Michigan. Consultado 12 feb. 2015. Disponible en <http://animaldiversity.org./accounts/Mollusca/classification/>
- Ranjel, L y Gamboa, J. 2005. Estructura de la comunidad y dinámica poblacional de gasterópodos en una zona enzoótica de fasciolosis en Tabasco, México (en línea). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 21(2): 79-85. Consultado 10 abr. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/575/57521205.pdf>.
- SFE (Servicio Fitosanitario del Estado). 2019a. Consultas en línea, Registro de Benfuracarb en el cultivo de piña en Costa Rica (en línea). Consultado 12 abr. 2019. Disponible en <http://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Insumos/ConsultaRegistroPlaguicida.aspx>
- _____. 2019b. Consultas en línea. Registro de SWAT® 75 WG en el cultivo de piña en Costa Rica (en línea). Consultad 12 abr. 2019. Disponible en <http://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Insumos/ConsultaRegistroPlaguicida.aspx>

- Van Driesche, R.G; Hoddle, M.S y Center, T.D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales (en línea). US, USDA. Consultado 12 feb. 2018. Disponible en http://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTR_OL_Y_PLAGAS_WEB.pdf
- Monge, J. 1996. Moluscos del suelo como plagas agrícolas y cuarentenarias (en línea). Consultado 09 abr. de 2019. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Monje1996.pdf>

8 ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico para los datos de porcentaje de incidencia de caracoles en la evaluación del insecticida SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018.

Nueva tabla_4 : 05/04/2019 - 08:56:42 a.m. - [Versión : 16/03/2017]

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.006_Porc.Inci_REML<-gls(Porc.Inci~1+Trata+DDA+Trata:DDA  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=mlm.modeloR.data06)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.006_Porc.Inci_REML

Variable dependiente: Porc Inci

Medidas de ajuste del modelo

| n | AIC | BIC | logLik | Sigma | R2 | 0 |
|----|--------|--------|--------|-------|------|---|
| 32 | 202,43 | 213,03 | -92,22 | 8,96 | 0,63 | |

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 1701,86 | <0,0001 |
| Trata | 1 | 0,97 | 0,3335 |
| DDA | 3 | 6,06 | 0,0032 |
| Trata:DDA | 3 | 7,21 | 0,0013 |

Pruebas de hipótesis marginales

| Source | numDF | denDF | F-value | p-value |
|-----------|-------|-------|---------|---------|
| Trata | 1 | 24 | 0,97 | 0,3335 |
| DDA | 3 | 24 | 6,06 | 0,0032 |
| Trata:DDA | 3 | 24 | 7,21 | 0,0013 |

Porc.Inci - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

| Trata | Medias | E.E. | |
|-------|--------|------|---|
| 2 | 66,88 | 2,24 | A |
| 1 | 63,75 | 2,24 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Porc.Inci - Medias ajustadas y errores estándares para DDA

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

| DDA | Medias | E.E. | |
|-----|--------|------|---|
| 36 | 73,75 | 3,17 | A |
| 15 | 67,50 | 3,17 | A |
| 24 | 65,00 | 3,17 | A |
| 0 | 55,00 | 3,17 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Porc.Inci - Medias ajustadas y errores estándares para Trata*DDA

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

| Trata | DDA | Medias | E.E. | |
|-------|-----|--------|------|---|
| 2 | 15 | 77,50 | 4,48 | A |
| 1 | 36 | 77,50 | 4,48 | A |
| 2 | 24 | 72,50 | 4,48 | A |
| 2 | 36 | 70,00 | 4,48 | A |
| 1 | 0 | 62,50 | 4,48 | B |
| 1 | 24 | 57,50 | 4,48 | B |
| 1 | 15 | 57,50 | 4,48 | B |
| 2 | 0 | 47,50 | 4,48 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2. Análisis estadístico para los datos de población de caracoles por planta en la evaluación del insecticida SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018.

Nueva tabla_1 : 05/04/2019 - 08:37:22 a.m. - [Versión : 16/03/2017]

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.002_Num.Ind_REML<-glS(Num.Ind~1+Trata+DDA+Trata:DDA
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Trata))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data00)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.002_Num.Ind_REML

Variable dependiente: Num Ind

Medidas de ajuste del modelo

| n | AIC | BIC | logLik | Sigma | R2 | 0 |
|----|--------|--------|--------|-------|------|---|
| 32 | 162,94 | 174,72 | -71,47 | 4,76 | 0,47 | |

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 364,08 | <0,0001 |
| Trata | 1 | 0,13 | 0,7252 |
| DDA | 3 | 2,70 | 0,0685 |
| Trata:DDA | 3 | 3,96 | 0,0200 |

Pruebas de hipótesis marginales

| Source | numDF | denDF | F-value | p-value |
|-----------|-------|-------|---------|---------|
| Trata | 1 | 24 | 0,13 | 0,7252 |
| DDA | 3 | 24 | 3,07 | 0,0471 |
| Trata:DDA | 3 | 24 | 3,96 | 0,0200 |

Num.Ind - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| Trata | Medias | E.E. | |
|-------|--------|------|---|
| 1 | 12,44 | 1,19 | A |
| 2 | 11,94 | 0,75 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Num.Ind - Medias ajustadas y errores estándares para DDA

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| DDA | Medias | E.E. | |
|-----|--------|------|---|
| 36 | 15,88 | 1,41 | A |
| 0 | 11,13 | 1,41 | B |
| 24 | 11,00 | 1,41 | B |
| 15 | 10,75 | 1,41 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Num.Ind - Medias ajustadas y errores estándares para Trata*DDA

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| Trata | DDA | Medias | E.E. | |
|-------|-----|--------|------|---|
| 1 | 36 | 18,25 | 2,38 | A |
| 1 | 0 | 14,00 | 2,38 | A |
| 2 | 24 | 13,75 | 1,49 | A |
| 2 | 36 | 13,50 | 1,49 | A |
| 2 | 15 | 12,25 | 1,49 | A |
| 1 | 15 | 9,25 | 2,38 | B |
| 1 | 24 | 8,25 | 2,38 | B |
| 2 | 0 | 8,25 | 1,49 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Estructura de varianzas

Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: varIdent

Formula: ~ 1 | Trata

Parámetros de la función de varianza

| Param | Estim |
|-------|-------|
| 1,00 | 1,00 |
| 2,00 | 0,63 |

Anexo 3. Análisis estadístico para los datos de porcentaje de efectividad para control de caracoles en la evaluación del insecticida SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018.

D:\Mcamacho\ESTUDIANTES EN TESIS\Hans Salazar\5 de abril\Eficac.IDB2 : 05/04/2019 - 09:37:13 a.m. - [Versión : 16/03/2017]

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.013_Efic1_REML<-gls(Efic1~1+DDA  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=mlm.modeloR.data12)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.013_Efic1_REML

Variable dependiente: Efic1

Medidas de ajuste del modelo

| n | AIC | BIC | logLik | Sigma | R2 | 0 |
|----|--------|--------|--------|-------|------|---|
| 16 | 116,95 | 119,38 | -53,48 | 16,55 | 0,50 | |

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 12,82 | 0,0038 |
| DDA | 3 | 3,96 | 0,0356 |

Pruebas de hipótesis marginales

| Source | numDF | denDF | F-value | p-value |
|--------|-------|-------|---------|---------|
| DDA | 3 | 12 | 3,96 | 0,0356 |

Efic1 - Medias ajustadas y errores estándares para DDA

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

| DDA | Medias | E.E. | |
|-----|--------|------|---|
| 24 | 33,33 | 8,27 | A |
| 15 | 24,00 | 8,27 | A |
| 36 | 1,92 | 8,27 | B |
| 0 | 0,00 | 8,27 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Análisis estadístico para los datos de porcentaje de mortalidad para control de caracoles en la evaluación del insecticida SWAT® 75 WG, San Carlos, 2018.

Nueva tabla : 15/05/2019 - 05:41:07 p.m. - [Versión : 16/03/2017]

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.000_Mortalidad_REML<-
gls(Mortalidad~1+Trata+Dias+Trata:Dias
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data00)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.000_Mortalidad_REML

Variable dependiente: Mortalidad

Medidas de ajuste del modelo

| n | AIC | BIC | logLik | Sigma | R2 | 0 |
|----|--------|--------|--------|-------|------|---|
| 24 | 163,96 | 170,20 | -74,98 | 12,37 | 0,69 | |

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

| | numDF | F-value | p-value |
|-------------|-------|---------|---------|
| (Intercept) | 1 | 22,51 | 0,0002 |
| Trata | 1 | 22,51 | 0,0002 |
| Dias | 2 | 4,29 | 0,0300 |
| Trata:Dias | 2 | 4,29 | 0,0300 |

Pruebas de hipótesis marginales

| Source | numDF | denDF | F-value | p-value |
|------------|-------|-------|---------|---------|
| Trata | 1 | 18 | 22,51 | 0,0002 |
| Dias | 2 | 18 | 4,29 | 0,0300 |
| Trata:Dias | 2 | 18 | 4,29 | 0,0300 |

Mortalidad - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| Trata | Medias | E.E. | |
|-------|--------|------|---|
| 1 | 23,97 | 3,57 | A |
| 2 | 0,00 | 3,57 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Mortalidad - Medias ajustadas y errores estándares para Dias

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| Dias | Medias | E.E. | |
|------|--------|------|---|
| 24 | 18,64 | 4,38 | A |
| 15 | 15,65 | 4,38 | A |
| 36 | 1,67 | 4,38 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Mortalidad - Medias ajustadas y errores estándares para Trata*Dias

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

| Trata | Dias | Medias | E.E. | |
|-------|------|--------|------|---|
| 1 | 24 | 37,27 | 6,19 | A |
| 1 | 15 | 31,30 | 6,19 | A |
| 1 | 36 | 3,33 | 6,19 | B |
| 2 | 15 | 0,00 | 6,19 | B |
| 2 | 24 | 0,00 | 6,19 | B |
| 2 | 36 | 0,00 | 6,19 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)