

Artículos de investigación científica y tecnológica

Eficacia de la tierra de diatomeas y la cal sobre ariónidos y agriolimácidos

Effectiveness of diatomaceous earth and lime on arionids and agriolimacids

Andrés Camilo Méndez Otero,^{1*} Leónides Castellanos González²

¹ Investigador, Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero Sistemas de Producción Agropecuarios Sostenibles (SISPAS). Pamplona, Colombia.

Correo: andrescamilomendezotero@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2231-7717>

² Profesor-investigador, Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. Pamplona, Colombia.

Correo: lclcastell@gmail.com. Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

Editor temático: Paola Andrea Sotelo (World Vegetable Center)

Fecha de recepción: 07/03/2018

Fecha de aprobación: 02/04/2019

Para citar este artículo: Méndez Otero, A. C., & Castellanos González, L. (2019). Eficacia de la tierra de diatomeas y la cal sobre ariónidos y agriolimácidos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 579-593

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1587



Esta licencia permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando se dé el crédito y se licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

* Autor de correspondencia. Ciudad Universitaria, Edificio Jorge Gaitán Durán, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la tierra de diatomeas (TD) y la cal sobre *Arion distinctus* en condiciones de laboratorio, y sobre ariónidos y agriolimácidos en campo. Se realizaron tratamientos por espolvoreo y aspersión para evaluar su efecto por ingestión y contacto en el laboratorio, y se registró la movilidad y la mortalidad de los ejemplares. En laboratorio se emplearon tres dosis de tierra de diatomeas: 1, 2 y 4 kg/ha, una de cal agrícola a 2 kg/ha, y un testigo; en campo solo se evaluó el método por aspersión con la misma cantidad de variantes, pero en todos los casos se duplicaron las dosis. Se utilizó un diseño de bloque azar en arreglo 5×4 y la evaluación se llevó a

cabo a través del método de trampas; para ello, se colocaron 20 trampas de refugio por tratamientos. Se determinaron las poblaciones de babosas y la eficacia a los tres y siete días después las aplicaciones. Se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey para las poblaciones en las parcelas tratadas y el testigo. Se obtuvo mayor efecto por contacto que de ingestión. Tanto en las aplicaciones en campo como en laboratorio, las mayores mortalidades se observaron a los siete días, sin diferencias significativas entre la TD y la cal. Los resultados obtenidos muestran que la TD es útil en el control de estas especies de moluscos y su resultado es mejor con dos aplicaciones.

Palabras clave: *Arion distinctus*, babosas, moluscos nocivos, mortalidad, vigilancia de enfermedades

Abstract

The aim of this research is to evaluate the effect of diatomaceous earth (DE) and lime on *Arion distinctus* under laboratory conditions and on arionids and agriolimacids in the field. Dusting and spraying treatments were carried out to evaluate in the laboratory the effect by ingestion and by contact on the mobility and mortality of the specimens. In the laboratory, three doses of diatomaceous earth (1, 2 and 4 kg/ha), one of agricultural lime (2 kg/ha), and one control were used; and in the field, only the spraying method was evaluated with the same number of variants, but in all cases, doses were doubled. A random block design was used in a 5×4 arrangement, and the evaluation was

carried out through the trap method, and 20 refuge traps per treatments were placed. Slug populations and the efficiency were established three and seven days after the applications. Tukey's mean comparison test was used for the populations in the treated plots and in the control. A higher effect was obtained by contact compared to ingestion. In both field and laboratory applications, the highest mortalities were observed after seven days, without significant differences between diatomaceous earth and lime. The results obtained show that DE is useful in the control of these mollusk species, and better results are obtained with two applications.

Keywords: *Arion distinctus*, disease surveillance, mortality, noxious molluscs, slugs

Introducción

Después de los insectos y los ácaros, los caracoles son el grupo de invertebrados contra el cual los programas de control biológico dirigen su atención (Nicholls, 2008). Sin embargo, estudios de los niveles poblacionales y daños de los moluscos plaga y sus biorreguladores no han sido determinados para los moluscos en muchas zonas geográficas.

Algunos de estos moluscos son hospederos intermedios de parásitos intestinales, como los trematodos de los géneros *Schistosoma* Weinland (Trematoda: Diplostomida: Schistosomatidae) y *Fasciola* Linnaeus (Trematoda: Plagiorchiida: Fasciolidae), y de nematodos como *Angiostrongylus* Kaminsky (Nematoda: Metastrongyloidea) (Núñez, 2006).

En Colombia, se han determinado dos especies de moluscos atacando plantaciones de café: *Colosius pulcher* (Colosi) y *Sarasinula plebeia* (Fischer) (Constantino, Gomes, & Benavides, 2010). En el cultivo de la papa, hay informes de babosa pequeña *Deroceras reticulatum* (Müller), babosa parda rayada *Limax marginatus* (Müller), babosa gris *Milax gagates* (Draparnaud) y babosa plana *Veronicella* spp. (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2011). En las hortalizas se informa a *Deroceras reticulatum*, a *Limax marginatus* y a *M. gagates* (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012). Aunque en las condiciones de Pamplona, Norte de Santander, gran parte de los cultivos presentan daños a causa de las babosas, el estudio de estos pulmonados para el municipio se resume al estudio publicado por Hernández, Guerrero y Sierra (2015), sobre la especie de babosa *Arion distinctus* (Mabille) que abunda en la región, y al de Méndez y Castellanos (2017), sobre el caracol del jardín *Helix aspersa* Muller.

En la agricultura, el control de plagas de gasterópodos terrestres se realiza, de forma casi exclusiva, por medio de plaguicidas químicos, en forma de espolvoreos y cebos (*pellets*) que contienen entre un 2 % y un 8 % de metaldehído o de carbamatos (Bailey, 2002), aunque en Cuba se han propuesto productos de origen natural, como el Solasol a partir de *Solanum globiferum* Dunal (Solanaceae) (Alfonso et al., 2000).

La agricultura sustentable requiere de nuevas alternativas de control que permitan reducir o eliminar la aplicación de insecticidas tradicionales basados en el uso de fumigantes y productos químicos persistentes con alto impacto ambiental. Las tendencias actuales en el manejo integrado de plagas (MIP) se orientan hacia la preservación del ambiente junto al uso de métodos de bajo impacto e insecticidas naturales de escasa toxicidad, entre los que se encuentran las tierras de diatomeas (TD) (Dal Bello, Padín, Juárez, Pedrini, & De Giusto, 2006). La actividad insecticida de la TD dependería de sus características fisicoquímicas, como el contenido de SiO₂, el tamaño de partícula, la capacidad de adsorción de lípidos y la presencia de impurezas (arcillas), entre otras (Bilbao, Mañá, & Murúa, 2007).

Aunque existe mucha propaganda sobre los efectos y la eficacia insecticida y molusquicida de la TD, la información científica es escasa, por lo que se hace necesario realizar investigaciones que verifiquen estos efectos sobre diferentes especies de moluscos, el nivel de control que se obtiene, la dosis y la forma de empleo, así como verificar las recomendaciones de su uso a 2 kg/ha dadas por algunas firmas comerciales como Agropulí (2016). De este modo, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la TD y la cal sobre *A. distinctus* en condiciones de laboratorio y sobre Ariónidos y Agriolimácidos en campo.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias Centro de Bioinsumos y Sanidad Vegetal (Cisveb), de la Universidad de Pamplona, municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Para los experimentos de laboratorio se emplearon individuos de la especie *Arion distinctus* Mabille (Mollusca: Gastropoda: Arionidae), por ser una de las más abundantes en los cultivos de Pamplona y porque ya se había utilizado en ensayos de laboratorio (Hernández et al., 2015). Los ejemplares fueron obtenidos en áreas en la finca Quebrada

Seca, de la vereda Monte dentro (07°21.676' N; 072°39.829' W), con una altura de 2.573 m s. n. m., en un cultivo de fresa *Fragaria* var. Albion (Rosaceae); estos se mantuvieron en cuarentena, alimentados con lechuga durante 15 días. Pasado ese tiempo, se seleccionaron individuos adultos sanos, de tamaño lo más uniforme posible, entre 3,5 y 4,5 cm.

Se realizaron cuatro experimentos de laboratorio: dos por el método de aspersión y dos por espolvoreo, y en cada método de tratamiento se evaluó la acción por ingestión y por contacto sobre la babosa. Para evaluar la eficacia por contacto e ingestión con tratamientos por aspersión y espolvoreo contra *A. distinctus* en condiciones *in vitro*, se emplearon tres dosis de TD: 1, 2 y 4 kg/ha, una de cal agrícola a 2 kg/ha, y un testigo sin tratamiento.

Los tratamientos de los cuatro experimentos se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado con los cinco tratamientos y ocho repeticiones. La unidad experimental (repetición) estuvo compuesta por un envase o recipiente plástico de 500 mL, en el que se colocaron cinco ejemplares de *A. distinctus*.

Los tratamientos por aspersión se realizaron con un aspersor manual a las dosis mencionadas con suspensiones de cal agrícola y TD en dependencia de la superficie interior de los recipientes, estimando una solución final de 200 L/ha. Se aplicaron los cinco tratamientos previstos y se dejó el testigo sin tratar.

Después de realizada la aspersión de los recipientes y sus tapas, se esperó durante 30 minutos para que estos se secan. Pasado ese tiempo, se colocaron con pinzas cinco ejemplares de *A. distinctus* permaneciendo en contacto con el producto durante una hora. Posteriormente, se les suministró hojas de lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) sin tratar, suficiente para el alimento de dos días para terminar solo el efecto por contacto.

Para determinar la acción por ingestión, se colocaron en recipientes limpios con pinzas los cinco ejemplares de la babosa *A. distinctus*, suministrándoles hojas de lechuga para dos días, asperjadas con TD y cal agrícola según los tratamientos correspondientes.

Estas operaciones de asperjado del recipiente y suministro del alimento (lechuga) se realizaron cada dos días, pasando las babosas a nuevos recipientes para evitar contaminación por hongos u otros microorganismos provocados por el excremento de los moluscos (Herrera, López, Castellanos, & Pérez, 2013).

Para los experimentos por espolvoreo, los tratamientos se realizaron manualmente espolvoreando los recipientes con dosis convertidas según cálculos obtenidos *in vitro* de la superficie del recipiente, para garantizar los tratamientos previstos 1, 2 y 4 kg/ha, una de cal agrícola a 2 kg/ha, y un testigo sin tratamiento.

Para la determinación de la eficacia del efecto por ingestión se colocaron con pinzas cinco ejemplares *A. distinctus* en los recipientes, suministrándoles hojas de lechuga tratadas o espolvoreadas manualmente con TD y cal agrícola, según tratamientos respectivos para dos días.

Para la determinación de la eficacia del efecto por contacto se procedió espolvoreando los recipientes y sus tapas, dejando en reposo los recipientes durante 15 minutos: pasado ese tiempo, se colocaron con pinzas cinco ejemplares de la babosa *A. distinctus* en los recipientes. Después de 30 minutos se le suministró alimento suficiente para dos días (hojas de lechuga sin tratar) a los animales en cada uno de los recipientes. Estas operaciones se realizaron con nuevos recipientes cada dos días tanto para ingestión y contacto, para evitar contaminación por hongos u otros microorganismos.

Para determinar la eficacia por contacto e ingestión con tratamientos por aspersión y espolvoreo se hicieron observaciones diarias, determinando para *A. distinctus* el porcentaje simple de mortalidad y movilidad de las babosas. Para la discriminación de la mortalidad se consideró muerto el individuo incapaz de realizar algún tipo de movimiento y específicamente los tentáculos cefálicos durante los días de observación. Para la movilidad se consideraron los movimientos lentos e inapetencia.

Se evaluaron los dos experimentos, tanto para aspersión y espolvoreo como por la acción de contacto e ingestión en cada recipiente plástico, a los tres, siete, 10 y 15 días de iniciados los ensayos. En cada momento se realizó el conteo de los individuos vivos y muertos, extrayéndose todos los individuos muertos de cada recipiente, para hacer correctamente las evaluaciones posteriores. Los datos en porcentaje de mortalidad y movilidad para *A. distinctus* se transformaron en $2 \arcsen \sqrt{\%/100}$ y se procesaron por medio de un análisis de varianza para cada ensayo, cuyas medias se compararon por el test de Tukey ($p < 0,05$).

Verificación de la eficacia de la tierra de diatomeas contra babosas en condiciones de campo (cultivo de fresa)

Para la evaluación de la eficacia de la TD, se condujo un experimento en un cultivo de fresa (*Fragaria* var. Albion) de tres meses de edad, dispuesto en un marco de plantación de doble hileras sin plastificar. Dicho cultivo se encontraba en la finca Quebrada Seca (07°21.676"N; 72°39.829"O), a una altura de 2.573 m s. n. m., ubicada en la vereda Monte dentro, municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Para ello, se utilizó un diseño de bloque azar en arreglo de 5×4 , con cinco tratamientos y cuatro réplicas (parcelas). Las parcelas constaron de cuatro

surcos dobles con 7 m de largo y una superficie de 28 m². Antes de iniciar el ensayo, se realizó un muestreo con trampas de refugios para identificar las especies presentes y determinar la población inicial de las babosas.

Muestreos

Para cuantificar la población de los moluscos, se colocaron cinco trampas por cada réplica (parcela) para un total de 20 trampas/refugios por tratamiento, las cuales se elaboraron manualmente a partir de cajas de cartón de 25 mm de espesor. Cada trampa consistió en un cuadrado de este material, de 25×25 cm, sujetadas con una cabilla metálica de 0,30 cm de diámetro y 40 cm de longitud, en forma de "L", para evitar posibles desplazamientos por el viento o por los animales en el cultivo de fresa (figura 1). Con este diseño, se pretendió crear debajo de cada trampa un ambiente fresco, húmedo y adecuado para las babosas; las trampas se etiquetaron y se colocaron aleatoriamente sobre el suelo de cada parcela.

Las trampas fueron colocadas en la tarde y el conteo se llevó a cabo en la mañana siguiente. Cada trampa fue revisada, registrando el número de individuos vivos presentes por cada trampa según tratamientos respectivos. Las especies presentes se identificaron según la clave de Thomas, McDonnell, Paine y Harwood (2010).



Figura 1. Trampas de babosas. a. Una trampa de cartón de 25×25 cm; b. Trampa en campo.

Se evaluaron tres dosis de TD y una de cal agrícola, que fueron duplicadas con relación a las empleadas *in vitro*, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, y ante la imposibilidad de aplicar en forma de espolvoreo, que fue donde se obtuvieron las mejores mortalidades *in vitro*. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron con una Motomochila STHIL SR 430, de 14 L de capacidad, con una solución final de 200 L/ha.

Los tratamientos se realizaron en horas de la tarde, garantizando que existiera humedad en el suelo. Se realizó una primera aplicación y una segunda a los ocho días. A esta segunda aplicación se le adicionó el adherente de uso agrícola Pegal 18 CS (alcohol graso etoxilado) de 767 g/L. También se realizaron muestreos de las poblaciones de babosas a los tres y siete días posteriores a cada aplicación en los tratamientos.

Se determinó la eficacia de cada tratamiento por parcela a los tres y siete días después de cada aplicación, para lo cual se empleó la fórmula de Abbott (Püntener & Zahner, 1981):

$$\text{Eficacia (\%)}: (C-T) / C * 100 \quad (1)$$

Donde *C* indica el nivel poblacional en el control o testigo y *T*, el nivel poblacional en el tratamiento.

Con la población del muestreo inicial se realizó un análisis de varianza, las medias se compararon por la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los datos de poblaciones de las babosas posteriores a los tratamientos se procesaron también por medio de un análisis de varianza para cada ensayo, cuyas medias también se compararon por la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Para todos los análisis estadísticos se empleó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 21 para Windows (International Business Machines [IBM], 2012).

Resultados y discusión

Evaluación *in vitro* de la tierra de diatomeas y la cal por el método de aspersión

Solo los tratamientos de TD a 4 kg/ha y la cal agrícola realizados por aspersión *in vitro* mostraron efectos por ingestión sobre la movilidad de *A. distinctus* a los tres días; sin embargo, a los cinco y siete días de iniciado el ensayo todos los tratamientos mostraron efecto sobre la movilidad de la babosa. El valor más alto de afectación se observó a los 7 d y, aunque el Anova mostró diferencia estadística de todos los tratamientos con el testigo, la mayor afectación se observó cuando se aplicó TD a 4 kg/ha, pero solo se alcanzó un 45 % (tabla 1).

Solo se observó mortalidad de las babosas a los 5 y 7 d de iniciado el tratamiento. A los 5 d (120 h), los tratamientos de cal agrícola y TD a 4 kg/ha provocaron mortalidad de los moluscos, pero sin diferencia estadística con el testigo. A los 7 d, la mayor mortalidad la causaron TD a 4 kg/ha y cal agrícola con 25 % y 20 %, respectivamente, con diferencia estadística del resto de los tratamientos y el testigo, y a su vez estos dos últimos con el testigo.

Los moluscos afectados se movían más lentamente y, por lo tanto, manifestaban inapetencia, concentrándose en la parte superior de los recipientes. Por contacto, sí se observó efecto sobre la movilidad de las babosas en los tratamientos con la TD a 4 kg/ha y cal agrícola a los 3 d; sin embargo, a los 5 y 7 d todos los tratamientos mostraron efecto en la movilidad de la babosa. Los mayores niveles de afectación a las 5 d lo causaron TD a 4 kg/ha y cal agrícola que difirieron del resto de los tratamientos y el testigo, mientras que a los 7 d la mayor afectación la provocó TD a 4 kg/ha con 55 %. La cal agrícola causó más efecto que la TD a 1 y 2 kg/ha, pero estos se diferenciaron del testigo (tabla 2).

Tabla 1. Efecto por ingestión de los tratamientos realizados sobre *Arion distinctus* por aspersión *in vitro*

Tratamientos	Afectados en la movilidad (%)			Mortalidad (%)		
	3 días	5 días	7 días	3 días	5 días	7 días
Testigo	0 b	0 b	0 d	0 a	0 a	0 c
TD 1 kg/ha	0 b	2,5 b	20 c	0 a	0 a	10 b
TD 2 kg/ha	0 b	7,5 b	22,5 c	0 a	0 a	12,5 b
TD 4 kg/ha	7,5 a	25 a	45 a	0 a	5 a	25 a
Cal agrícola 2 kg/ha	2,5 ab	22,5 a	35 b	0 a	2,5 a	20 a
C.V. (%)	7,78	4,59	8,10	0	9,56	0,96
Error típico*	0,07	0,08	0,04	0	0,08	0,04

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Efecto por contacto de los tratamientos realizados contra la babosa *Arion distinctus* por aspersión *in vitro*

Tratamientos	Afectados en la movilidad (%)			Mortalidad (%)		
	3 días	5 días	7 días	3 días	5 días	7 días
Testigo	0 b	0 c	0 d	0 a	0 b	0 d
TD 1 kg/ha	0 b	5 bc	22,5 c	0 a	0 b	10 c
TD 2 kg/ha	0 b	10 b	27,5 c	0 a	0 b	15 bc
TD 4 kg/ha	10 a	32,5 a	55 a	0 a	10 a	42,5 a
Cal agrícola 2 kg/ha	5 ab	30 a	40 b	0 a	5 ab	25 b
C.V. (%)	4,37	3,22	1,29	0	4,37	1,90
Error típico*	0,06	0,07	0,05	0	0,06	0,06

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

Tampoco se observó mortalidad de las babosas por contacto en los tratamientos por aspersión a los 3 d, pero sí en algunos tratamientos a los 5 d y en todos a los 7 d, aunque estos fueron muy bajos, no superando la TD a 4 kg/ha el 10 % de mortalidad a los 7 d. Se observó una tendencia en ambas variables (afectación en la movilidad y la mortalidad) a presentar valores relativos superiores en el efecto por contacto que por ingestión.

Evaluación *in vitro* de la tierra de diatomeas y la cal por el método de espolvoreo

Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas con respecto al testigo, pero los que mayor mortalidad ofrecieron fueron TD a 4 kg/ha, cal agrícola a 2 kg/ha y TD a 2 kg/ha (tabla 3).

Se observó mortalidad por ingestión de las babosas con los tratamientos por espolvoreo de TD a 4 kg/ha y cal agrícola a los 3 d, con diferencia estadística del resto de los tratamientos y del testigo, con

superioridad para la TD. A los 5 d, los mayores valores de mortalidad se observaron con TD a 4 kg/ha y cal agrícola. A los 7 d, la TD a 4 kg/ha causó un 100 % de mortalidad con diferencia estadística con el tratamiento de cal agrícola y, a su vez, este difirió de la TD a 2 kg/ha, y este con el de TD a 1 kg/ha, y todos con el testigo. Todos los tratamientos por espolvoreo afectaron la movilidad de las babosas por ingestión desde los 3 d. En ese momento, la TD a 4 kg/ha causó la mayor afectación de los moluscos (85 %), mientras que el tratamiento con cal agrícola le seguía desde el punto de vista estadístico; después, TD a 2 kg/ha que difirió de TD a 1 kg/ha, y este con el testigo. A los 5 d, la mayor afectación sobre la movilidad la causaron TD a 4 kg/ha y la cal agrícola con 100 %, con diferencia estadística con TD a 2 kg/ha, que difirió del tratamiento de TD a 1 kg/ha, y este con el testigo. La TD a 2 y a 4 kg/ha, y la cal agrícola causaron 100 % de afectación sobre la movilidad a los 7 d, sin diferencia estadística del tratamiento de TD a 1 kg/ha, pero todos los tratamientos se diferenciaron del testigo (tabla 4).

Tabla 3. Efecto por ingestión de los tratamientos realizados contra la babosa *Arion distinctus* por espolvoreo

Tratamientos	Afectados en la movilidad (%)			Mortalidad (%)		
	3 días	5 días	7 días	3 días	5 días	7 días
Testigo	0 c	0 e	0 c	0 c	0 d	0 e
TD 1 kg/ha	0 c	35 d	77,5 b	0 c	15 c	55 d
TD 2 kg/ha	15 b	52,5 c	95 a	0 c	27,5 b	67,5 c
TD 4 kg/ha	45 a	85 a	100 a	17,5 a	55 a	100 a
Cal agrícola 2 kg/ha	32,5 a	70 b	100 a	7,5 b	47,5 a	90 b
C.V. (%)	1,91	1,16	1,07	2,75	1,08	0,25
Error típico*	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,03

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Efecto por contacto de los tratamientos realizados contra la babosa *Arion distinctus* por espolvoreo

Tratamientos	Afectados en la movilidad (%)			Mortalidad (%)		
	3 días	5 días	7 días	3 días	5 días	7 días
Testigo	0 e	0 d	0 b	0 c	0 d	0 c
TD 1 kg/ha	20 d	57,5 c	97,5 a	0 c	32,5 c	72,5 b
TD 2 kg/ha	37,5 c	80 b	100 a	0 c	45 c	95 a
TD 4 kg/ha	85 a	100 a	100 a	45 a	92,5 a	100 a
Cal agrícola 2 kg/ha	55 b	100 a	100 a	27,5 b	72,5 b	100 a
C.V. (%)	0,81	0,09	0,62	0,71	3,72	2,38
Error típico*	0,05	0,02	0,06	0,03	0,12	0,11

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.
Fuente: Elaboración propia

Solo se observó mortalidad por contacto de las babosas a los 3 d con el tratamiento de TD por espolvoreo a 4 kg/ha y la cal agrícola con superioridad para el primero. A los 5 d, los mayores valores se observaron con TD a 4 kg/ha (92,5 %), mientras que la cal agrícola causó un 72,5 % de mortalidad con diferencia estadística de la TD a 1 y 2 kg/ha, tratamientos que difirieron del testigo y no entre sí. A los 7 d la TD a 4 kg/ha y la cal agrícola causaron 100 % de mortalidad sin diferencia estadística con el tratamiento de la TD a

2 kg/ha. Estos tres tratamientos superaron al de TD a 1 kg/ha, y este superó al testigo.

Evaluación en campo de la tierra de diatomeas y cal en el cultivo de fresa

Los muestreos realizados antes de iniciar el ensayo pusieron de manifiesto la presencia de tres especies de babosas en las trampas. La mayoría de los ejemplares pertenecían a la especie *A. distinctus*, pero había otras especies de babosas que se correspondieron a *A. hortensis* (Arionidae) y *D. reticulatum* (Agriolimacidae) (figura 2).



Figura 2. Babosas identificadas en campo. a. *Arion distinctus* Mabille, 1868; b. *Arion hortensis* Férussac, 1819; c. *Deroceras reticulatum* (Müller, 1774).

Los muestreos realizados antes de iniciar el ensayo arrojaron poblaciones de babosas entre 9 y 11,25 individuos/trampas (ind./trampas), sin diferencia estadística entre las parcelas donde se iban a realizar los tratamientos, por lo que se inició con una población uniforme (tabla 3).

A los tres días después de las aplicaciones, todos los tratamientos mostraron mortalidad de las babosas. Los ejemplares muertos se presentaban disecados sobre el suelo (figura 3a), tanto dentro como fuera de la trampa. La afectación de los moluscos tanto por la acción de la TD como por la cal impidió contar los ejemplares muertos por especies, incluso

en el laboratorio, debido a la coloración oscura casi negra que adquirirían (figura 3b).

Al tercer día de iniciado el ensayo, los menores valores poblacionales (con mortalidad de 45,65 %) se observó con TD a 8 kg/ha, pero sin diferencia estadística con las poblaciones del resto de los tratamientos, aunque sí con el testigo. A los siete días de la primera aplicación, se observó una situación similar: las poblaciones de babosas en las parcelas en los tratamientos no difirieron en ellos, pero sí con el testigo; sin embargo, la mortalidad relativa más alta se observó con la TD a 4 kg/ha, que causó un 43,48 %, y la cal agrícola, con un 45,65% (tabla 6).

Tabla 3. Babosas encontradas por trampa inicial según tratamientos evaluados

Tratamientos evaluados	Babosas encontradas por trampa inicial (individuos/trampas)
TD 8 kg/ha	11,15
TD 4 kg/ha	10,15
TD 2 kg/ha	9
Cal agrícola 4 kg/ha	11,25
Testigo sin tratamiento	11,15

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Muestreo de babosas. a. Babosas disecadas por la acción de la TD y la cal en campo; b. Babosas recolectadas y llevadas al laboratorio.

Tabla 6. Eficacia de la tierra de diatomeas contra babosas en condiciones de campo después de la primera aplicación

Tratamientos	Población		Mortalidad	
	Tres días	Siete días	Tres días	Siete días
Testigo	11,15 a	11,15 a	0	0
TD 2 kg/ha	6,25 b	6,5 b	31,52	35,22
TD 4 kg/ha	6,45 b	6,4 b	43,91	44,35
TD 8 kg/ha	6,5 b	7,45 b	45,65	43,48
Cal agrícola 4 kg/ha	7,7 b	6,25 b	33,04	45,65
C.V. (%)	16,26	23,00	0	0
Error típico*	0,55	0,65	0	0

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

Aunque se obtuvo mortalidad en ambos momentos (tres y siete días) y los tratamientos mostraron diferencia estadística, fueron muy similares las eficacias en ambos momentos, no alcanzándose el 60 % de eficacia al que se aspira con productos alternativos en condiciones de campo (Tarquí, 2007).

Algo que pudo haber contribuido en estos resultados, fueron las precipitaciones frecuentes, que se presentaron en Pamplona y sus alrededores posteriormente a la aplicación, como puede observarse en la figura 4.

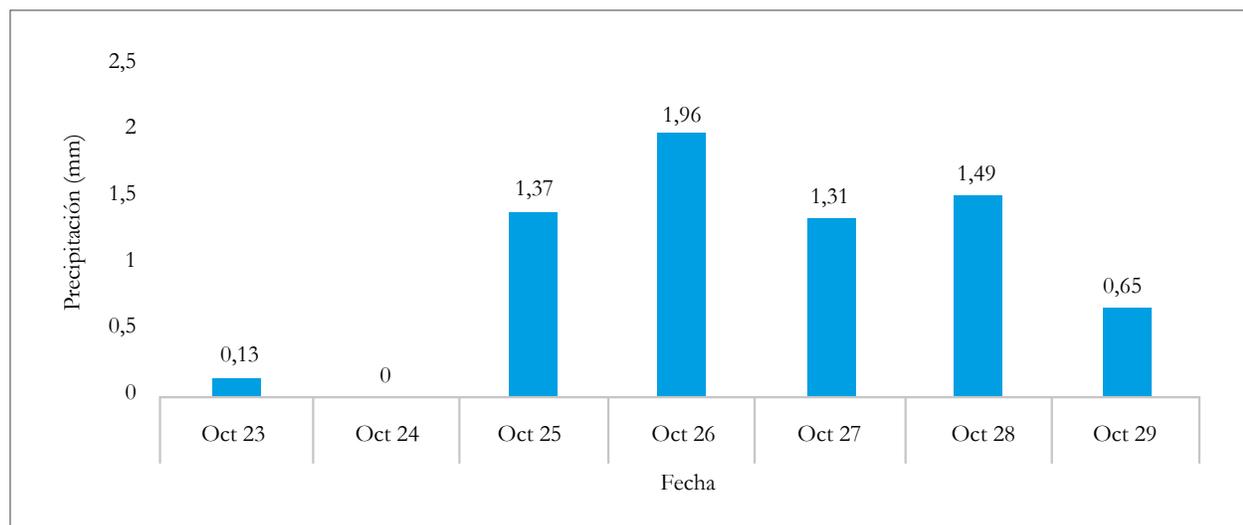


Figura 4. Total de precipitaciones diarias después de la primera aplicación.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Estación Meteorológica Unipamplona (2017)

A los tres días después de la segunda precipitación, los mayores niveles poblacionales se mostraron en el testigo con diferencia estadística con las poblaciones de los tratamientos que no difirieron entre sí; sin embargo, los niveles de mortalidad fluctuaron entre 83,04 y 93,48 %. A los siete días,

las poblaciones de los tratamientos difieren del testigo, pero el tratamiento de TD a 8 kg/ha, presenta las menores poblaciones (con una mortalidad de 95,24 %), aunque sin diferencia estadística del tratamiento de TD a 4 kg/ha y el de cal agrícola (tabla 7).

Tabla 7. Efecto por contacto de los tratamientos realizados contra babosa por aspersión después de la segunda aplicación

Tratamientos	Población		Mortalidad	
	Tres días	Siete días	Tres días	Siete días
Testigo	11,15 a	10,25 a	0	0
TD 2 kg/ha	1,9 b	2,15 b	83,48	79,52
TD 4 kg/ha	1,55 b	1,4 bc	86,67	86,52
TD 8 kg/ha	0,75 b	0,5 c	93,48	95,24
Cal agrícola 4 kg/ha	1,95 b	1,85 bc	83,04	82,38
C.V. (%)	26,21	13,46	0	0
Error típico*	0,47	0,32	0	0

* Letras desiguales en las columnas difieren para $p \leq 0,05$ por la prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran un dato interesante con respecto a la persistencia en el tiempo de la TD, y al parecer hay un efecto acumulativo de la TD en la segunda aplicación con respecto a la primera. A

esto hay que adicionar el efecto positivo que pudo haber jugado el PEGAL como adherente, porque durante la semana de evaluación o posterior también se presentaron lluvias (figura 5).

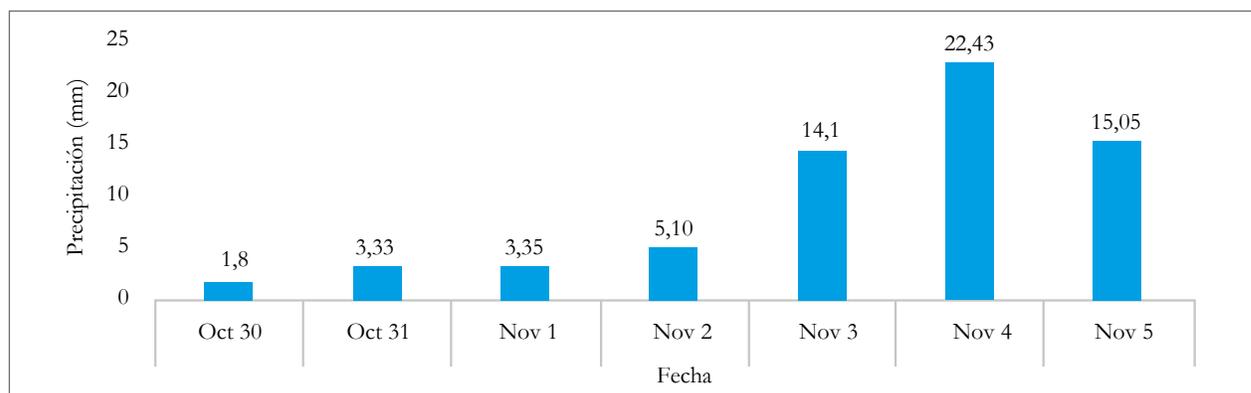


Figura 5. Total de precipitaciones diarias después de la segunda

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Estación Meteorológica Unipamplona (2017)

En los tratamientos *in vitro* por espolvoreo, se observó una tendencia a ser mayor la afectación de la movilidad y la mortalidad, y a presentar valores relativos superiores en el efecto por contacto que por ingestión.

En general, se observaron mayores valores relativos de afectación de la movilidad y de mortalidad por espolvoreo que por aspersión. Solo el tratamiento con TD a 4 kg/ha por espolvoreo alcanzó en los ensayos un 100% de mortalidad tanto en el efecto por ingestión como por contacto, mientras por aspersión los mejores resultados se observaron con TD a 4 kg/ha por contacto, lo que indicaba que se debía subir la dosis con este tipo de tratamiento en condiciones de campo, ya que en otros estudios se habían realizado ensayos con dosis superiores a las presentes en condiciones de laboratorio, TD 30 g/m², equivalente a 300 kg/ha (Ciomperlik et al., 2013). A pesar de esto, los niveles de mortalidad obtenidos *in vitro* a las dosis estudiadas eran altos en comparación con los obtenidos con TD sobre *A. distinctus* por otros investigadores (Hernández et al., 2015).

En los ensayos de campo se observaron altos porcentajes de afectación sobre las babosas con TD a 8 kg/ha cuando se adicionó un adherente (mayor a 90%), por lo que los presentes resultados permitieron verificar la recomendación realizada por Agropulí (2016), en relación con la TD como molusquicida para el control de las babosas que atacan la fresa en las condiciones de Pamplona, pero a dosis más altas.

En otros ensayos, la TD no resultó eficaz para el control de ninguna de las fases del caracol gigante africano *Lissachatina fulica* (Férussac) (Mollusca: Gastropoda: Achatinidae), ni en condiciones de laboratorio ni en campo, a la dosis de 30 g/m², pero sí contra otros caracoles que se encuentran asociados con esta en Barbados (Ciomperlik et al., 2013). Esto concuerda con los resultados de Méndez y Castellanos (2017), que tampoco encontraron eficacia de TD a dosis similares a las del ensayo *in vitro* contra el caracol *Helix aspersa* Müller (Mollusca: Gastropoda: Helicidae), que es también de gran tamaño.

Para el caso de los insectos también se ha comprobado que diferentes especies de gorgojos han respondido de forma diferencial a la aplicación de la TD, por ejemplo, mientras que contra *Sitophilus oryzae* (L.) y *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Insecta: Coleoptera: Curculionidae) se obtuvo un 100% de mortalidad a las 72 horas de exposición a una dosis de 7 g/kg de harina; contra *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae), este nivel de mortalidad se alcanzó para ese tiempo a más de cuatro veces esa dosis (32 g/kg de harina) (Amiri-Besheli, Doustdar, & Raeis, 2017).

Varios autores también han hecho referencia a que la humedad relativa y la temperatura influyen en la eficacia de la TD sobre los insectos, como sobre la polilla *Ephestia kuehniella* Zeller (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae) (Athanassiou, Kavallieratos, Tsakiri, Xyrafidis, & Vayuas, 2006) y sobre gorgojos como *Rhyzopertha dominica* (F.) (Insecta: Coleoptera: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Herbst), *S. oryzae* y *O. surinamensis* (Athanassiou et al., 2016).

Otros autores también hacen referencia de la necesidad de realizar una segunda aplicación con jugos de plantas de la familia Agavaceae ricas en saponinas, para lograr mayor eficacia de los tratamientos contra los moluscos (Nodarse, Castellanos, Pérez, & Becerra, 2015).

Investigadores como Martín, Pérez, Castellanos y Soto (2017), al realizar las evaluaciones en condiciones de campo contra *Praticolella griseola* con molusquicidas alternativos a partir de extractos de las especies botánicas *Solanum globiferum* (Dunal) y *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae), solo alcanzaron valores de eficacia del 60% de mortalidad, por lo que los presentes resultados se consideran adecuados para un molusquicida alternativo.

Es necesario también contar con formulaciones de TD debidamente certificadas en relación con el porcentaje de silicio, ya que Bilbao et al. (2007) no obtuvieron eficacia contra *Triatoma infestans* Klug (Insecta: Hemiptera: Reduviidae), con una TD procedente de un yacimiento en San Juan, Argentina, mientras que Zúñiga y Caro (2012) recomiendan la aplicación de TD contra esta especie de insecto por la protección que ofrece por periodos prolongados.

Conclusiones

La tierra de diatomeas aplicada *in vitro* causa efecto sobre la movilidad y mortalidad de *A. distinctus*, con superioridad relativa del efecto por contacto sobre el de ingestión, solo logrando 100 % de mortalidad con los tratamientos por espolvoreo a la dosis de 4 kg/ha. Este producto presenta eficacia en campo para el control de babosas en cultivos de la fresa con dos aspersiones foliares a dosis de 8 kg/ha y la adición de PEGAL CS pH 18,767 g/L como adherente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio Centro de Bioinsumos y Sanidad Vegetal (Cisveb), de la de la

Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Pamplona, por brindar el espacio para llevar a cabo este estudio de investigación; asimismo, agradecen al propietario de la finca Quebrada Seca, el señor Ledy Gabriel García Hernández, por permitirnos trabajar en el cultivo de fresa. De igual forma, agradecemos a Margarita Becerra Rozo, MSc, y al Licenciado Mauricio Cobos del Departamento de Biología de la Universidad de Pamplona, por la ayuda brindada en la identificación de las especies de babosas.

Descargos de responsabilidad

Los autores están de acuerdo con la publicación del presente artículo y declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Referencias

- Agropuli. (2016). Tierras de diatomeas Agropuli. *Memorias del V Seminario del Ingeniero agrónomo, Unipamplona*.
- Alfonso, M., Avilés, R., González, N., Cruz, X., Villasana, R., Rodríguez, V., ... Rodríguez, I. (2000). Molusquicidas naturales de origen botánico. *Revista Protección Vegetal*, 15(2), 69-72.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Tsakiri, J. B., Xyrafidis, S. N., & Vayuas, B. J. (2006). Effect of temperature and humidity on insecticidal effect of SilicoSec against *Ephestia kuehniella* larvae. *Journal of Economic Entomology*, 99(4), 1520-24. doi:10.1603/0022-0493-99.4.1520.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Chiriloaic, A., Vassilakos, T. N., Fătu, V., Drosu, ... Dudoiu, R. (2016). Insecticidal efficacy of natural diatomaceous earth deposits from Greece and Romania against four stored grain beetles: the effect of temperature and relative humidity. *Bulletin of Insectology*, 69(1), 25-34.
- Amiri-Besheli, B., Doustdar, L., & Raeis, M. K. (2017). The evaluation of the mortality and repellency effect of diatomaceous Earth (Sayan®) on three coleopteran store pests. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5), 858-864.
- Bailey, S. E. R. (2002). Molluscicidal baits for control of terrestrial gastropods. En G. M. Barker (Ed.), *Molluscs as Crop Pests* (pp. 33-54). Wallingford, Inglaterra: CABI Publishing.
- Bilbao, M. L., Mañá, M. O., & Murúa, F. (2007). Evaluación del efecto insecticida de tierra de diatomeas sobre *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(2), 179-181.
- Ciomperlik, M. A., Robinson, D. G., Gibbs I. H., Fields, A., Stevens, T., & Taylor, B.M. (2013). Mortality to the Giant African Snail, *Lissachatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae), and non-target snails using select molluscicides. *Florida Entomologist*, 96(2), 370-379.
- Constantino, L. M., Gomes, S., & Benavides, P. (2010). Descripción y daños causados por las babosas *Colosius pulcher* y *Sarasinula plebeia* en el cultivo del café en Colombia. *Avances Técnicos*, 392, 1-8. Recuperado de <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0392.pdf>.
- Dal Bello, G., Padín, S., Juárez, P., Pedrini, N., & De Giusto, M. (2006). Biocontrol of *Acanthoscelides obtectus* and *Sitophilus oryzae* with diatomaceous earth and *Beauveria bassiana* on stored grains. *Biocontrol Science and Technology*, 16(2), 215-220. doi:10.1080/09583150500336010.
- Hernández, B. L., Guerrero, N. M., & Sierra, M. P. (2015). Determinación de los daños en babosas (*Arion distinctus*) causado por la tierra diatomea a diferentes concentraciones bajo condiciones de laboratorio en el ISER, Pamplona. *Revista Distancia al Día*, 1(1), 1-9.
- Herrera, N., López, B., Castellanos, L., & Pérez, I. (2013). Incidencia de los moluscos plagas en los organopónicos del Municipio de Cienfuegos. *Centro Agrícola*, 40(4), 49-55.
- International Business Machines (IBM). (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 21.0 [software]. New York: IBM Corp. Recuperado de <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa. (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá, Colombia: autor.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de las hortalizas. Medidas para la temporada invernal*. Bogotá, Colombia: autor.
- Martín, C., Pérez, Y., Castellanos, L., & Soto, B. (2017). Efectividad de extractos vegetales para el control de *Praticolella griseola* (Pfeiffer) (Gastropoda: Polygyridae). *Centro Agrícola*, 44(2), 68-74.
- Méndez, A. C., & Castellanos, L. (2017). Eficacia de la tierra de diatomeas contra *Helix aspersa* en condiciones *in vitro* en Pamplona, Norte de Santander. *Journal of Negative & No Positive Results*, 2(12), 659-666. doi:10.19230/jonnpr.1698.
- Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Nodarse, M., Castellanos, L., Pérez, A., & Becerra, E. J. (2015). Eficacia de los jugos de *Furcraea hexapetala* y *Agave brittoniana* para el control de moluscos plagas en acelga en organopónicos. *Agroecosistemas*, 3(2), 488-493. Recuperado de <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/6>.
- Núñez, F. (2006). *Aspectos parasitológicos de la infección por Angiostrongylus cantonensis, Aportes cubanos al estudio del Angiostrongylus cantonensis*. La Habana, Cuba: Edición Academia.
- Püntener, W., & Zahner, O. (1981). *Manual de ensayos de campo en protección vegetal*. Basilea, Suiza: Ciba Geigy.
- Tarquí, J. (2007). *Efecto de tres bioplaguicidas para el control del pulgón (Aphis sp.) en el cultivo de lechuga en ambientes protegidos en la ciudad de El Alto* (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Thomas, A., McDonnell, R., Paine, T., & Harwood, J. (2010). *A field guide to the slugs of Kentucky*. Kentucky, EE. UU.: University of Kentucky.
- Zúñiga, I. R., & Caro, J. (2012). Chinchas de la cama: unos ectoparásitos intradomiciliaria subestimada. *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría*, 26(101), 178-184. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revenfinfped/eip-2012/eip123g.pdf>.

