



# Toxic baits for controlling ants associated with *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in vineyards of Ensenada, Baja California, Mexico

## Cebos tóxicos para controlar hormigas asociadas a *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) en viñedos de Ensenada, Baja California, México

Brenda Castro-Álvarez<sup>1</sup>; Juan Manuel Vanegas-Rico<sup>2</sup>; Esteban Rodríguez-Leyva<sup>1\*</sup>; J. Refugio Lomeli-Flores<sup>1</sup>; Lauro Soto-Rojas<sup>1</sup>; Héctor González-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56264, México.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios 1, Los Reyes Ixtacala, Tlalnepanitla, Estado de México, C. P. 54090, México.

\*Corresponding author: esteban@colpos.mx, tel. 55 48 66 28 51.

### Abstract

The interaction of some ant species favors the growth of mealybug populations in crops such as grapes, citrus, and pineapple in several regions of the world, making their control necessary to protect the plantations. The aim of this study was to evaluate the effect of toxic baits applied in bait stations for controlling ants associated with *Planococcus ficus* in vineyards in Ensenada, Baja California, Mexico. The bait stations contained a mixture of ground shrimp (70 %), sucrose (30 %), and an insecticide (natural pyrethrin, boric acid, or thiamethoxam). Twenty five stations of each treatment were established per hectare in organically and conventionally managed vineyards located in Francisco Zarco, Ensenada. The most effective treatments for reducing ant abundance (measured as weighted percentage of infestation) were thiamethoxam (53 to 75 %) and boric acid (29 to 67 %). In contrast, natural pyrethrin had no significant effect. The efficacy of these products varied by plant stratum, and was probably related to the number of ants present in each one. It was concluded that toxic baits formulated with ground shrimp, sucrose plus boric acid, or thiamethoxam significantly reduced the ant population. However, it is recommended to continue evaluating other attractants and extend the observation period to improve control of *P. ficus* in the Ensenada vineyards.

**Keywords:** vine, vine mealybug, *Formica perpilosa*, *Formica francoeuri*.

### Resumen

La interacción de algunas especies de hormigas favorece el crecimiento poblacional de piojos harinosos en cultivos como vid, cítricos y piña en varias regiones del mundo, lo cual hace necesario su control para proteger las plantaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cebos tóxicos aplicados en estaciones de cebo sobre el control de hormigas asociadas a *Planococcus ficus* en viñedos de Ensenada, Baja California, México. Las estaciones de cebo contenían una mezcla de camarón molido (70 %), sacarosa (30 %) y un insecticida (piretrina natural, ácido bórico o tiametoxam). Se establecieron 25 estaciones de cada tratamiento por hectárea en viñedos con manejo orgánico y convencional localizados en Francisco Zarco, Ensenada. Los tratamientos más efectivos para reducir la abundancia de hormigas (medida como porcentaje ponderado de infestación) fueron el tiametoxam (53 al 75 %) y el ácido bórico (29 al 67 %). En contraste, la piretrina natural no tuvo un efecto significativo. La eficacia de estos productos varió según el estrato de la planta, y probablemente se relacionó con la cantidad de hormigas presentes en cada uno. Se concluyó que los cebos tóxicos formulados con camarón molido, sacarosa más ácido bórico o tiametoxam redujeron significativamente la población de hormigas. No obstante, se recomienda continuar con la evaluación de otros atrayentes y extender el periodo de observación para mejorar el control de *P. ficus* en los viñedos de Ensenada.

**Palabras clave:** vid, piojo harinoso de la vid, *Formica perpilosa*, *Formica francoeuri*.

Please cite this article as follows (APA 7): Castro-Álvarez, B., Vanegas-Rico, J. M., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., & González-Hernández, H. (2025). Toxic baits for controlling ants associated with *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in vineyards of Ensenada, Baja California, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 31, e25002. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2025.01.002>



Revista Chapingo  
Serie Horticultura

## Introduction

The mutualistic relationship between ants and some hemipterans, such as aphids and mealybugs, favors the growth of their populations due to the care that ants provide them, since they prevent the action of parasitoids and predators (Calabuig et al., 2015; Sankovitz et al., 2024). This type of association is common in grape cultivation, where an increase in the population of *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) has been detected (Mgocheki & Addison, 2010; Parrilli et al., 2021; Sime & Daane, 2014). Therefore, ant management is essential to reduce mealybug populations.

Ant control using contact insecticides has limitations due to their persistence on foliage or fruit (Keklik et al., 2024), which represents risks for beneficial fauna (Mansour et al., 2018) and human health (Alokail et al., 2024). Furthermore, these products only affect foraging worker ants at the time of application, and they are quickly replaced by new workers generated by the queen (Daane et al., 2006; Mgocheki & Addison, 2009a).

A promising alternative is the use of toxic baits, as they reduce the impact on other insects (Suiter et al., 2021) and allow workers to introduce the toxic bait to the nest (Hoffmann et al., 2023; Klotz et al., 2003). This method uses low doses of insecticides, but they are lethal to the colony (McCalla et al., 2020; Nelson & Daane, 2007; Tollerup et al., 2004). In this way, trophallaxis behavior is exploited to distribute the toxicant among the nest population, including the queen (Meurville & Leboeuf, 2021). This mechanism allows the control for several generations (Cooper et al., 2008; Le et al., 2024; Nelson & Daane, 2007).

The use of liquid baits has been effective in controlling some ant species associated with Hemiptera in citrus and grapevines, particularly those species that forage for honeydew (Mercer et al., 2025; Parrilli et al., 2021). For example, in California, USA, alginate hydrogels have been evaluated to control the Argentine ant (*Linepithema humile* [Mayr]), which is mutualistically associated with mealybugs (McCalla et al., 2020; Mercer et al., 2025). The hydrogel (250 g) was soaked in a solution containing sugar water (0.25 %) and thiamethoxam (0.0001 %), applied every three weeks at the base of citrus trees, and reduced the presence and activity of *L. humile* by 70 % (McCalla et al., 2020). Likewise, the application of 250 g of hydrogel, soaked in sugar water (0.25 %) and spinosad (0.01 %), on three occasions (weeks 1, 4, and 7) decreased the population and activity of *L. humile*, compared to treatments with fewer applications (Milosavljevic et al., 2024).

## Introducción

La relación mutualista entre las hormigas y algunos hemípteros, como áfidos y piojos harinosos, favorece el crecimiento de sus poblaciones debido a los cuidados que las hormigas les proporcionan, ya que impiden la acción de parasitoides y depredadores (Calabuig et al., 2015; Sankovitz et al., 2024). Este tipo de asociaciones es común en el cultivo de vid, donde se ha detectado un aumento poblacional de *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Mgocheki, & Addison, 2010; Parrilli et al., 2021; Sime & Daane, 2014). Por ello, el manejo de las hormigas es indispensable para reducir las poblaciones de piojos harinosos.

El control de hormigas mediante insecticidas de contacto presenta limitaciones, debido a su persistencia en el follaje o el fruto (Keklik et al., 2024), lo cual representa riesgos para la fauna benéfica (Mansour et al., 2018) y la salud humana (Alokail et al., 2024). Además, estos productos solo afectan a las obreras forrajeras en el momento de aplicación, y son reemplazadas rápidamente por nuevas obreras generadas por la reina (Daane et al., 2006; Mgocheki & Addison, 2009a).

Una alternativa prometedora son los cebos tóxicos, ya que reducen el impacto sobre otros insectos (Suiter et al., 2021) y permiten que las obreras introduzcan el cebo tóxico al nido (Hoffmann et al., 2023; Klotz et al., 2003). Con este método se usan dosis bajas de insecticidas, pero letales para la colonia (McCalla et al., 2020; Nelson & Daane, 2007; Tollerup et al., 2004). De esta manera, se aprovecha el comportamiento de trofalaxis para distribuir el tóxico entre la población del nido, incluida la reina (Meurville & Leboeuf, 2021). Este mecanismo permite el control de varias generaciones (Cooper et al., 2008; Le et al., 2024; Nelson & Daane, 2007).

El uso de cebos líquidos ha sido efectivo para controlar algunas especies de hormigas asociadas a hemípteros en cítricos y vid, particularmente aquellas especies que forrajea por mielecilla (Mercer et al., 2025; Parrilli et al., 2021). Por ejemplo, en California, EUA, se han evaluado hidrogeles de alginato para controlar a la hormiga argentina (*Linepithema humile* [Mayr]), la cual se asocia por mutualismo con piojos harinosos (McCalla et al., 2020; Mercer et al., 2025). El hidrogel (250 g) se embebió en una solución con agua azucarada (0.25 %) y tiametoxam (0.0001 %), se aplicó cada tres semanas en la base de árboles de cítricos, y redujo en 70 % la presencia y actividad de *L. humile* (McCalla et al., 2020). Asimismo, la aplicación de 250 g de hidrogel, embebido en agua azucarada (0.25 %) y spinosad (0.01%), en tres ocasiones

On the other hand, solid baits have been more effective in attracting and controlling protein-foraging ant species, such as generalist predators or scavengers of arthropods, that also feed on honeydew or nectar (Tollerup et al., 2004, 2007). For example, a solid bait composed of anchovy powder, corn cob (20 g), and the insecticide imidacloprid (0.005 %) was effective in reducing the presence of the desert ant *Formica perpilosa* on grapevines in the Coachella Valley, California (Tollerup et al., 2004).

In some vineyards of Valle de Guadalupe in Ensenada, Baja California, Mexico, *P. ficus* is considered the main pest of the grapevine, with variable levels of infestation and presence in approximately 2100 ha of that municipality (Baja California State Committee for Plant Health [CESVBC], 2022). Recently, 10 ant species were identified in mutualistic interactions with *P. ficus*, being *Formica perpilosa* and *F. francoueri* the most abundant (Castro-Álvarez et al., 2023). Therefore, developing control strategies targeting these species is a priority. Given this, the objective of this study was to evaluate the effect of toxic baits in bait stations for controlling ants associated with *P. ficus* in vineyards in Ensenada, Baja California.

## Materials and methods

### Experimental plots

The experiment was conducted in vineyards in Ensenada, Baja California, Mexico, with the presence of *Formica perpilosa* and *F. francoeuri*, according to samples taken in December 2021, and January, June, and August 2022. Likewise, to homogenize the experimental conditions, vineyards with the Cabernet Sauvignon variety were chosen. The experimental plots were distributed in five vineyards in the Francisco Zarco area, two with organic management: Anatolia (32° 07' 18.9" N, 116° 32' 27.4" W) and Viña Alegre (32° 06' 49.8" N, 116° 29' 51.2" W), and three with conventional management: Olé (32° 06' 53.3" N, 116° 31' 12.0" W), Paralelo (32° 06' 42.7" N, 116° 32' 05.7" W) and Agua Honda (32° 07' 34.5" N, 116° 31' 06.7" W). In each vineyard, 3 ha were delimited to evaluate the treatments.

### Toxic baits

Based on documentary information on the control of *F. perpilosa* in California (Tollerup et al., 2004, 2007) and previous trials in Ensenada, a bait was prepared with two attractants: protein (70 %) and carbohydrates (30 %), plus a low concentration of insecticide (organic or conventional). The bait preparation consisted of mixing 35 g of ground shrimp (Barajas® Products) and 15 g of granulated sugar, plus a toxic product: a) 1 % boric acid, b) 0.08 g of natural pyrethrin (PYREMAX® 0.2 % PH) or

(semana 1, 4 y 7) disminuyó la población y actividad de *L. humile*, en comparación con los tratamientos con menos aplicaciones (Milosavljevic et al., 2024).

Por otro lado, los cebos sólidos han sido más efectivos para atraer y controlar especies de hormigas que forrajean por proteína, como las depredadoras generalistas o carroñeras de artrópodos, y que también se alimenta de mielecilla o néctar (Tollerup et al., 2004, 2007). Por ejemplo, un cebo sólido compuesto por polvo de anchoas, olote de maíz (20 g) y el insecticida imidacloprid (0.005 %) fue efectivo para reducir la presencia de la hormiga del desierto *Formica perpilosa* en plantas de vid en el Valle de Coachella, California (Tollerup et al., 2004).

En algunos viñedos de Valle de Guadalupe en Ensenada, Baja California, México, *P. ficus* se considera la principal plaga de la vid, con niveles variables de infestación y presencia estimada en aproximadamente 2100 ha de ese municipio (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California [CESVBC], 2022). Recientemente, se identificaron 10 especies de hormigas en interacción mutualista con *P. ficus*, siendo *Formica perpilosa* y *F. francoeuri* las más abundantes (Castro-Álvarez et al., 2023). Por ello, es prioritario desarrollar estrategias de control dirigidas a estas especies. Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de cebos tóxicos en estaciones de cebo sobre el control de hormigas asociadas a *P. ficus* en viñedos de Ensenada, Baja California.

## Materiales y métodos

### Parcelas experimentales

El experimento se estableció en viñedos de Ensenada, Baja California, México, con presencia de *Formica perpilosa* y *F. francoeuri*, de acuerdo con muestreos realizados en diciembre de 2021, y enero, junio y agosto de 2022. Asimismo, para homogeneizar las condiciones del experimento, se eligieron viñedos con la variedad Cabernet Sauvignon. Las parcelas experimentales se distribuyeron en cinco viñedos de la localidad Francisco Zarco, dos con manejo orgánico: Anatolia (32° 07' 18.9" N, 116° 32' 27.4" O) y Viña Alegre (32° 06' 49.8" N, 116° 29' 51.2" O), y tres con manejo convencional: Olé (32° 06' 53.3" N, 116° 31' 12.0" O), Paralelo (32° 06' 42.7" N, 116° 32' 05.7" O) y Agua Honda (32° 07' 34.5" N, 116° 31' 06.7" O). En cada viñedo se delimitaron 3 ha para evaluar los tratamientos.

### Cebos tóxicos

Con base en información documental sobre el control de *F. perpilosa* en California (Tollerup et al., 2004, 2007) y ensayos previos en Ensenada, se preparó un cebo con dos atrayentes: proteína (70 %) y carbohidratos (30 %), más una baja concentración de insecticida (orgánico o convencional). La preparación del cebo consistió en

c) 0.0002 % of thiamethoxam (Actara® 25 WG) (Cooper et al., 2008; Tollerup et al., 2004).

The dry bait components were mixed in a 3 L plastic container, sufficient for 25 stations of each treatment (1 250 g). The mixture was homogenized with constant stirring for 1 min. Subsequently, 50 g portions were packaged in brown paper bags (thickness no. 2), which were placed in 250 mL plastic containers (11 cm diameter × 7 cm height), with their respective lids. The containers with the prepared bait were taken to the field for establishment.

### Establishment of bait stations

In the organically managed vineyards (Anatolia and Viña Alegre), pyrethrin, boric acid and a control were evaluated, while in the conventionally managed vineyards (Olé, Paralelo and Agua Honda), thiamethoxam, boric acid and a control treatment were evaluated. In all cases, the control treatment consisted of bait stations with food attractants (protein and sugar) without insecticide. Treatments were distributed in a completely randomized design.

The vineyards had a separation between rows of 3.5 to 4.0 m, and 2.0 m between plants. Three experimental units of 1 ha each were delimited in each vineyard, in which 25 bait stations were placed per treatment. Treatments were defined by the type of insecticide used and included a control without insecticide. Each station consisted of a 250 mL container with 50 g of bait. Each container had four U-shaped incisions (1.5 × 6 × 1.5 cm) to allow ant access.

In each hectare, stations were evenly distributed at the base of the vine trunks. For operational purposes, five stations were placed per row, distributed every five rows (approximately every 20 × 20 m). Within each vineyard, experimental units were separated by at least 60 m to avoid interference between treatments. This is because *Formica* typically forages 15 to 20 m from the nest, although it can be longer depending on available resources (Tollerup et al., 2007).

### Ant abundance assessment

The effect of the treatments was evaluated at 10 randomly selected stations per experimental unit. Two evaluations were conducted: one prior to bait placement and another 30 days later. At each evaluated station, five vine plants were inspected: the central plant (where the bait was placed) and four plants taken from each cardinal point, yielding a total of 50 plants per hectare. In each plant, three strata (root, stem, and branches) were examined, in a section of approximately 20 cm per stratum. The abundance of *Formica* ants was classified into four levels: 0 (absence), 1 (low, 1-3 ants),

mezclar 35 g de camarón molido (Productos Barajas®) y 15 g de azúcar granulada, más un producto tóxico: a) ácido bórico al 1 %, b) 0.08 g de piretrina natural (PYREMAX® 0.2 % PH) o c) 0.0002 % de tiametoxam (Actara® 25 WG) (Cooper et al., 2008; Tollerup et al., 2004).

Los componentes secos de los cebos se mezclaron en un recipiente de plástico de 3 L, suficiente para 25 estaciones de cada tratamiento (1 250 g). La mezcla se homogenizó con movimientos constantes durante 1 min. Posteriormente, se prepararon porciones de 50 g en bolsas de papel estraza (espesor núm. 2), las cuales se colocaron en recipientes de plástico de 250 mL (11 cm de diámetro × 7 cm de altura), con su tapa respectiva. Los recipientes con el cebo preparado se llevaron a campo para su establecimiento.

### Establecimiento de estaciones de cebo

En los viñedos con manejo orgánico (Anatolia y Viña Alegre) se evaluaron piretrina, ácido bórico y un testigo, mientras que en los viñedos con manejo convencional (Olé, Paralelo y Agua Honda) se evaluaron tiametoxam, ácido bórico y un testigo. En todos los casos, el tratamiento testigo consistió en estaciones de cebo con los atrayentes alimenticios (proteína y azúcar) sin insecticida. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar.

Los viñedos presentaban una separación entre hileras de 3.5 a 4 m, y de 2 m entre plantas. En cada viñedo se delimitaron tres unidades experimentales de 1 ha cada una, en las cuales se colocaron 25 estaciones de cebo por tratamiento. Los tratamientos se definieron por el tipo de insecticida utilizado e incluyeron un testigo sin insecticida. Cada estación consistió en el recipiente de 250 mL con 50 g de cebo. Cada recipiente tenía cuatro incisiones en forma de “u” (1.5 × 6 × 1.5 cm) para permitir el acceso de las hormigas.

En cada hectárea, las estaciones se distribuyeron de manera uniforme en la base del tronco de las plantas de vid. Por operatividad, se colocaron cinco estaciones por hilera, distribuidas cada cinco hileras (aproximadamente cada 20 × 20 m). Dentro de cada viñedo, las unidades experimentales se separaron al menos 60 m para evitar interferencia entre tratamientos. Lo anterior considerando que el forrajeo de *Formica* suele ser de 15 a 20 m del nido, aunque puede ser mayor según los recursos disponibles (Tollerup et al., 2007).

### Evaluación de abundancia de hormigas

El efecto de los tratamientos se evaluó en 10 estaciones seleccionadas al azar por unidad experimental. Se realizaron dos evaluaciones: una previa a la colocación de los cebos y otra a los 30 días. En cada estación evaluada se revisaron cinco plantas de vid: la planta

2 (medium, 4-10 ants), and 3 (high, more than 10 ants). This was in accordance with the criteria established by the Baja California State Plant Health Committee.

### Identification of ant species

Ant specimens were collected from each experimental plot for identification, and in the laboratory we used specialized taxonomic keys (Hölldobler & Wilson, 1990; Mackay & Mackay, 2002). Reference specimens were deposited in the insect collection of the *Colegio de Postgraduados*.

### Data analysis

Ant abundance was reported in graphs as the weighted percentage of infestation (WPI), which was obtained by multiplying the value of each category (0, 1, 2 and 3) by its respective frequency, and then dividing the sum of these products by the product of the maximum category (3) and the total number of plants evaluated (50). Finally, the result was multiplied by 100 (adapted from Townsend & Heuberger, 1943).

The statistical analysis was performed in two stages. In the first, ordinal regression models were fitted to compare the treatments with the control. This comparison was performed both at the pre-assessment and at the 30-day follow-up. Ordinal regression models were used to estimate coefficients ( $\beta$ ), odds ratios (ORs), and  $p$ -values, using the control as the reference point. In the second stage, the previous assessment was used as a reference to analyze changes in ant abundance after 30 days. For this stage, ordinal regression models were fitted for each treatment. Only vineyards with a constant presence of ants during the experiment (Agua Honda, Paralelo, and Anatolia) were considered. The Olé and Viña Alegre vineyards were excluded from the analysis, as the irregular presence of ants made objective comparisons between treatments difficult. Model fitting was performed using the *polr* function of the MASS package (Venables & Ripley, 2002) in the R programming language version 4.2.1 (R Core Team, 2025).

### Results and discussion

All ant species collected were *F. perpilosa* or *F. francoeuri*, which is consistent with the report by Castro-Álvarez et al. (2023) for the same region. In the conventionally managed vineyards (Agua Honda, Olé, and Paralelo), no significant differences in ant abundance were found among treatments in the previous assessment. In Agua Honda and Paralelo, insecticide treatments showed similar abundance to the absolute control ( $p > 0.05$ ). In Olé, the boric acid treatment showed slightly higher abundance than the control, although without significant differences ( $\beta = 0.178$ , OR = 1.195,

central (donde se colocó el cebo) y cuatro plantas tomadas de cada punto cardinal, lo cual dio un total de 50 plantas por hectárea. En cada planta se revisaron tres estratos (raíz, tallo y ramas) en una porción de aproximadamente 20 cm por estrato. La abundancia de hormigas del género *Formica* se clasificó en cuatro niveles: 0 (ausencia), 1 (baja, de 1-3 hormigas), 2 (media, de 4-10 hormigas) y 3 (alta, más de 10 hormigas). Lo anterior de acuerdo con los criterios establecidos por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California.

### Identificación de especies de hormigas

Se recolectaron especímenes de hormigas en cada parcela experimental para su identificación mediante claves taxonómicas especializadas (Hölldobler & Wilson, 1990; Mackay & Mackay, 2002). Los ejemplares de referencia se depositaron en la colección de insectos del Colegio de Postgraduados.

### Análisis de datos

La abundancia de hormigas se reportó en gráficas como el porcentaje ponderado de infestación (PPI), el cual se obtuvo al multiplicar el valor de cada categoría (0, 1, 2 y 3) por su respectiva frecuencia, la suma de esos productos se dividió entre el producto de la categoría máxima (3) y el total de plantas evaluadas (50). Finalmente, el resultado se multiplicó por 100 (adaptado de Townsend & Heuberger, 1943).

El análisis estadístico se realizó en dos etapas. En la primera, se ajustaron modelos de regresión ordinal para comparar los tratamientos con respecto al testigo. Esta comparación se realizó tanto en la evaluación previa como a los 30 días. Los modelos de regresión ordinal permitieron estimar los coeficientes ( $\beta$ ), las razones de posibilidades (OR, por sus siglas en inglés) y los valores  $p$ , donde se consideró al testigo como punto de referencia. En la segunda etapa, se utilizó la evaluación previa como referencia para analizar los cambios en la abundancia de hormigas después de 30 días. Para esta etapa, se ajustaron modelos de regresión ordinal para cada tratamiento. Se consideraron únicamente los viñedos con presencia constante de hormigas durante el experimento (Agua Honda, Paralelo y Anatolia). Los viñedos Olé y Viña Alegre se excluyeron del análisis, ya que la presencia irregular de hormigas dificultó las comparaciones objetivas entre tratamientos. El ajuste de los modelos se realizó mediante la función *polr* del paquete MASS (Venables & Ripley, 2002) en el lenguaje de programación R versión 4.2.1 (R Core Team, 2025).

### Resultados y discusión

Todas las especies de hormigas recolectadas fueron *F. perpilosa* o *F. francoeuri*, lo cual concuerda con lo reportado por Castro-Álvarez et al. (2023) para la misma

$p = 0.5256$ ); similarly, the thiamethoxam treatment did not present a significant difference ( $\beta = -0.539$ ,  $OR = 0.583$ ,  $p = 0.0908$ ). These results indicate that initial conditions were homogeneous, which allows subsequent changes to be attributed to the effects of toxic baits.

Ground shrimp powder as a protein source proved to be an attractive bait for *Formica* under field conditions (unpublished data). This finding supports previous work suggesting that solid baits are more effective against *Formica* sp. (Tollerup et al., 2004). However, the frequency of bait replacement must be considered due to the humidity in the vineyard region of Ensenada. In this study, the 30-day period was adequate, as the bait retained its characteristics.

The addition of granulated sugar was intended to attract other ant species associated with *P. ficus*, as has been done for ant control in the United States (Klotz et al., 1998, 2003; Nelson & Daane, 2007). However, no other ant species were recorded.

In conventionally managed vineyards, significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed in some cases 30 days after treatment application. In Agua Honda, boric acid treatment significantly increased ant abundance ( $\beta = 0.443$ ,  $OR = 1.558$ ,  $p = 0.0428$ ), while thiamethoxam reduced ant abundance ( $\beta = -0.761$ ,  $OR = 0.467$ ,  $p = 0.0021$ ), compared to the control. At Olé, no treatment showed significant effects: boric acid ( $\beta = -0.255$ ,  $OR = 0.775$ ,  $p = 0.4756$ ) and thiamethoxam ( $\beta = -0.058$ ,  $OR = 0.944$ ,  $p = 0.8665$ ), indicating abundance levels similar to those of the control. At Paralelo, both treatments significantly reduced abundance: boric acid ( $\beta = -2.071$ ,  $OR = 0.126$ ,  $p < 0.0001$ ) and thiamethoxam ( $\beta = -1.399$ ,  $OR = 0.247$ ,  $p < 0.0001$ ). These results show variable effects depending on the experimental site, highlighting significant reductions in Agua Honda (with thiamethoxam) and Paralelo (with both treatments), while in Olé no significant changes in ant abundance were observed (Figure 1).

Ant abundance in the pre-assessment of organically managed vineyards did not differ between the boric acid and natural pyrethrin treatments compared to the control. In Anatolia, the boric acid treatment showed slightly lower abundance than the control, and natural pyrethrin showed a similar trend, but in neither case was a significant difference recorded (boric acid:  $\beta = -0.2459$ ,  $OR = 0.782$ ,  $p = 0.2906$ ; pyrethrin:  $\beta = -0.1079$ ,  $OR = 0.898$ ,  $p = 0.6318$ ). In Viña Alegre, boric acid treatment recorded an abundance similar to the control ( $\beta = -0.0323$ ,  $OR = 0.968$ ,  $p = 0.8973$ ), while natural pyrethrin recorded a higher frequency in higher abundance categories ( $\beta = 0.2773$ ,  $OR = 1.320$ ), which represented a 32 % increase in the probability of infestation compared to the control, although these differences were not significant either ( $p = 0.2524$ ). The

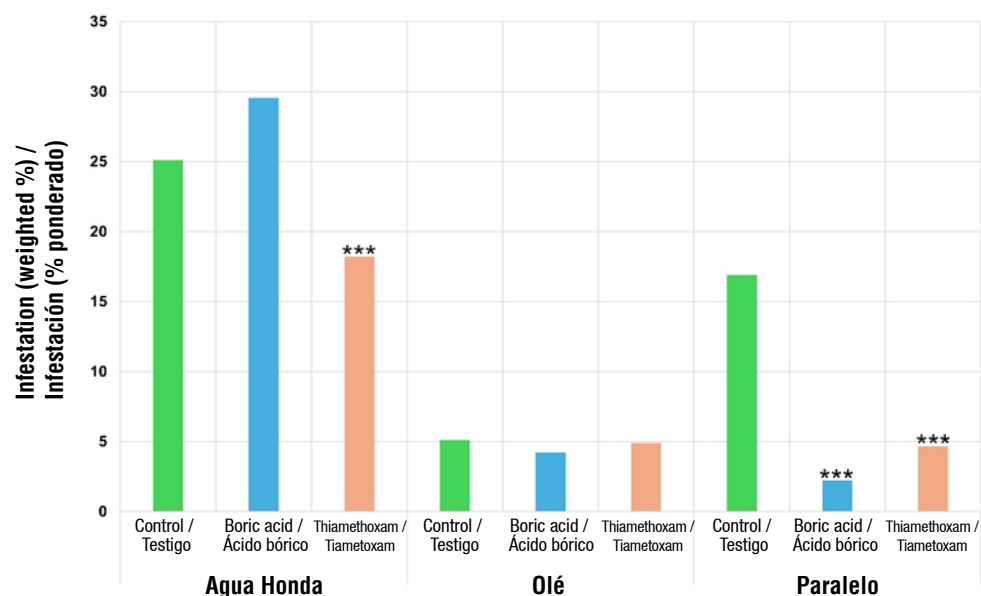
región. En los viñedos con manejo convencional (Agua Honda, Olé y Paralelo), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la abundancia de hormigas en la evaluación previa. En Agua Honda y Paralelo, los tratamientos con insecticida mostraron una abundancia similar al testigo absoluto ( $p > 0.05$ ). En Olé, el tratamiento con ácido bórico presentó una abundancia ligeramente mayor que el testigo, aunque sin diferencias significativas ( $\beta = 0.178$ ,  $OR = 1.195$ ,  $p = 0.5256$ ); de igual forma, el tratamiento con tiametoxam no presentó diferencia significativa ( $\beta = -0.539$ ,  $OR = 0.583$ ,  $p = 0.0908$ ). Estos resultados indican que las condiciones iniciales fueron homogéneas, lo cual permite atribuir los cambios posteriores a los efectos de los cebos tóxicos.

El camarón molido en polvo como fuente de proteína demostró ser un cebo atractivo para *Formica* en condiciones de campo (datos no publicados). Este hallazgo respalda trabajos anteriores que sugirieron que los cebos sólidos son más eficaces para *Formica* sp. (Tollerup et al., 2004). No obstante, se debe considerar la frecuencia de reemplazo de los cebos debido a la humedad ambiental en la región vitivinícola de Ensenada. En este estudio, el periodo de 30 días fue adecuado, ya que el cebo conservó sus características.

La adición de sacarosa tuvo como objetivo atraer a otras especies de hormigas asociadas a *P. ficus*, como se ha realizado para el control de hormigas en Estados Unidos (Klotz et al., 1998, 2003; Nelson & Daane, 2007). Sin embargo, no se registró la presencia de otras especies de hormigas.

En los viñedos con manejo convencional, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en algunos casos 30 días después de aplicar los tratamientos. En Agua Honda, el tratamiento con ácido bórico presentó un aumento significativo en la abundancia de hormigas ( $\beta = 0.443$ ,  $OR = 1.558$ ,  $p = 0.0428$ ), mientras que con tiametoxam se redujo la abundancia ( $\beta = -0.761$ ,  $OR = 0.467$ ,  $p = 0.0021$ ), en comparación con el testigo. En Olé, ningún tratamiento mostró efectos significativos: ácido bórico ( $\beta = -0.255$ ,  $OR = 0.775$ ,  $p = 0.4756$ ) y tiametoxam ( $\beta = -0.058$ ,  $OR = 0.944$ ,  $p = 0.8665$ ), lo cual indica niveles de abundancia similares a los del testigo. En Paralelo, ambos tratamientos redujeron significativamente la abundancia: ácido bórico ( $\beta = -2.071$ ,  $OR = 0.126$ ,  $p < 0.0001$ ) y tiametoxam ( $\beta = -1.399$ ,  $OR = 0.247$ ,  $p < 0.0001$ ). Estos resultados evidencian efectos variables dependiendo del sitio experimental, destacando reducciones significativas en Agua Honda (con tiametoxam) y Paralelo (con ambos tratamientos), mientras que en Olé no se observaron cambios importantes en la abundancia de hormigas (Figura 1).

La abundancia de hormigas en la evaluación previa en los viñedos con manejo orgánico no fue diferente entre los tratamientos con ácido bórico y piretrina



**Figure 1.** Abundance of ants associated with *Planococcus ficus* at different bait stations placed in conventionally managed vineyards in Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, Mexico. Treatments with \*\*\* registered a significant reduction ( $p < 0.05$ ) in ant abundance compared to the control (without insecticide) within the same vineyard.

**Figura 1.** Abundancia de hormigas asociadas a *Planococcus ficus* en diferentes estaciones de cebo colocadas en viñedos con manejo convencional en Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México. Los tratamientos con \*\*\* registraron una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) en la abundancia de hormigas en comparación con el testigo (sin insecticida) dentro del mismo viñedo.

initial conditions at Viña Alegre did not allow for an objective comparison of treatment effects; therefore, this site was excluded from the plant stratum analysis.

At 30 days after bait exposure, variable effects were observed among treatments depending on the site. In Anatolia, boric acid significantly reduced ant abundance ( $\beta = -1.8113$ , OR = 0.163,  $p < 0.0001$ ), whereas natural pyrethrin had no significant effect ( $\beta = -0.2151$ , OR = 0.806,  $p = 0.3106$ ). In Viña Alegre, none of the treatments had significant effects compared to the control: boric acid ( $\beta = 0.1692$ , OR = 1.184,  $p = 0.5215$ ) and natural pyrethrin ( $\beta = 0.1839$ , OR = 1.202,  $p = 0.4916$ ). These results highlight a significant decrease in Anatolia with boric acid, while in Viña Alegre no significant changes were observed (Figure 2).

The low concentrations of the insecticides used in the bait were based on research in vineyards with ant problems in California, USA (Tollerup et al., 2004, 2007). These slow acting formulations act through trophallaxis, which allows the active ingredient to reach the interior of the nest.

Given the biology of the ant species involved and the mode of action of these baits, the evaluation period

natural, en comparación con el testigo. En Anatolia, el tratamiento con ácido bórico mostró una abundancia ligeramente menor que el testigo, y la piretrina natural presentó una tendencia similar, pero en ningún caso se registró diferencia significativa (ácido bórico:  $\beta = -0.2459$ , OR = 0.782,  $p = 0.2906$ ; piretrina:  $\beta = -0.1079$ , OR = 0.898,  $p = 0.6318$ ). En Viña Alegre, el tratamiento con ácido bórico registró una abundancia similar al testigo ( $\beta = -0.0323$ , OR = 0.968,  $p = 0.8973$ ), mientras que la piretrina natural registró una mayor frecuencia en categorías más altas de abundancia ( $\beta = 0.2773$ , OR = 1.320), lo cual representó un aumento de 32 % en las probabilidades de infestación en comparación con el testigo, aunque estas diferencias tampoco fueron significativas ( $p = 0.2524$ ). Las condiciones iniciales de Viña Alegre no permitieron la comparación objetiva de los efectos de los tratamientos; por ello, este sitio se excluyó del análisis por estrato de las plantas.

A los 30 días después de la exposición de los cebos, se observaron efectos variables entre los tratamientos según el sitio. En Anatolia, el ácido bórico redujo significativamente la abundancia de hormigas ( $\beta = -1.8113$ , OR = 0.163,  $p < 0.0001$ ), mientras que la piretrina natural no tuvo un efecto significativo ( $\beta = -0.2151$ , OR = 0.806,  $p = 0.3106$ ). En Viña Alegre,

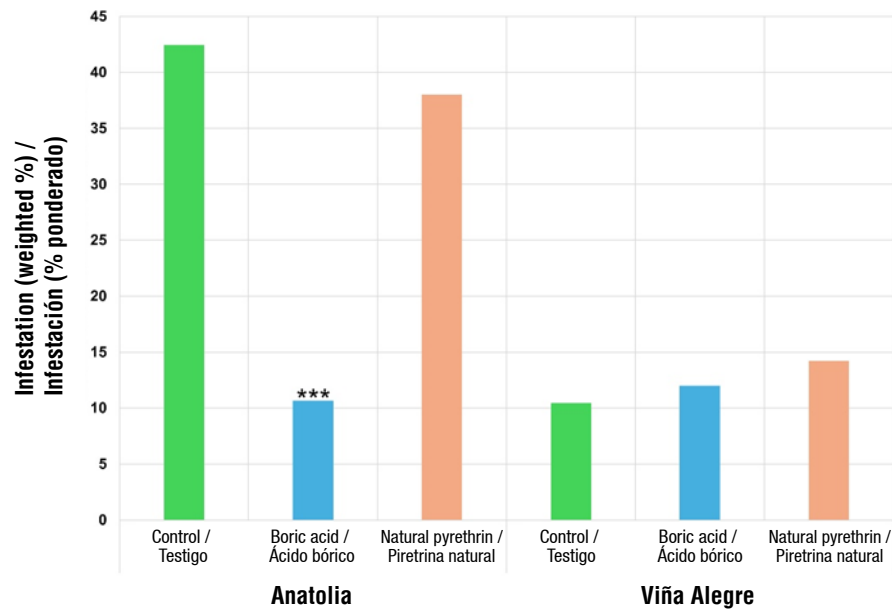


Figure 2. Abundance of ants associated with *Planococcus ficus* at different bait stations located in organically managed vineyards in Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, Mexico. Treatments with \*\*\* showed a significant ( $p < 0.05$ ) reduction in ant abundance compared to the control (without insecticide) within the same vineyard.

Figura 2. Abundancia de hormigas asociadas a *Planococcus ficus* en diferentes estaciones de cebo colocadas en viñedos con manejo orgánico en Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México. Los tratamientos con \*\*\* registraron una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) en la abundancia de hormigas en comparación con el testigo (sin insecticida) dentro del mismo viñedo.

was brief (30 days); however, significant results were observed. It is recommended that evaluations be conducted over a longer period, three to six months, and that further improvements be made to the bait formulation. In previous studies, the effects of boric acid on ant reduction took at least 10 weeks (Klotz et al., 1998).

Thiamethoxam and boric acid have been evaluated and retailed for the control of *Linepithema humile* and *Formica perpilosa* in citrus and vineyards (Klotz et al., 2003; McCalla et al., 2020; Tollerup et al., 2004). The concentrations used in this study were higher than those used in liquid baits in California vineyards: 0.5 % boric acid and 0.0001 % thiamethoxam (Cooper et al., 2008; Daane et al., 2006; Greenberg et al., 2006), but similar to those used in hydrogel baits (McCalla et al., 2020). It is important to consider that the concentration of active ingredient may decrease during the trophallaxis process (Rust et al., 2004). In this study, both ingredients demonstrated remarkable effectiveness, representing an alternative for both conventional and organic management, although further evaluation is needed before issuing specific recommendations for Ensenada vineyards.

ninguno de los tratamientos tuvo efectos significativos en comparación con el testigo: ácido bórico ( $\beta = 0.1692$ , OR = 1.184,  $p = 0.5215$ ) y piretrina natural ( $\beta = 0.1839$ , OR = 1.202,  $p = 0.4916$ ). Estos resultados destacan una disminución significativa en Anatolia con ácido bórico, mientras que en Viña Alegre no se observaron cambios importantes (Figura 2).

Las bajas concentraciones de los insecticidas utilizados en el cebo se basaron en investigaciones de viñedos con problemas de hormigas en California, Estados Unidos (Tollerup et al., 2004, 2007). Estas formulaciones de acción lenta actúan mediante el comportamiento de trofalaxia, lo cual permite que el ingrediente activo llegue al interior del nido.

Por la biología de las especies de hormigas involucradas y el modo de acción de estos cebos, se puede considerar que el periodo de evaluación fue breve (30 días); sin embargo, se observaron resultados significativos. Se recomienda realizar evaluaciones durante un periodo más prolongado, de tres a seis meses, y continuar mejorando la formulación del cebo. En estudios previos, los efectos del ácido bórico en la disminución de hormigas tardaron al menos 10 semanas (Klotz et al., 1998).

In Agua Honda and Paralelo vineyards, analysis of ant abundance in the three plant strata (root, stem, and branches) revealed differences between treatments. The control treatment showed an upward trend in ant numbers in all three strata compared to the previous evaluation, although this was not statistically significant (root:  $\beta = 0.096$ , OR = 1.101,  $p = 0.6608$ ; stem:  $\beta = 0.038$ , OR = 1.038,  $p = 0.8763$ ; branches:  $\beta = 0.430$ , OR = 1.537,  $p = 0.1088$ ).

In boric acid and thiamethoxam treatments, significant decreases in ant abundance were detected in most strata (Figure 3). Boric acid treatment caused a significant reduction in all three plant strata (root:  $\beta = -0.5003$ , OR = 0.606,  $p = 0.0245$ ; stem:  $\beta = -0.8181$ , OR = 0.441,  $p = 0.0051$ ; branches:  $\beta = -0.536$ , OR = 0.585,  $p = 0.0011$ ), with decreases of 29.4, 55.9, and 41.5 %, respectively, compared to the previous assessment. Likewise, treatment with thiamethoxam recorded a decrease in ants in the root, although without statistical significance ( $\beta = -0.281$ , OR = 0.755,  $p = 0.3264$ ). However, significant reductions were recorded in stem and branches (stem:  $\beta = -1.033$ ,

El tiametoxam y ácido bórico han sido evaluados y comercializados para el control de *Linepithema humile* y *Formica perpilosa* en cítricos y viñedos (Klotz et al., 2003; McCalla et al., 2020; Tollerup et al., 2004). Las concentraciones empleadas en este trabajo fueron más elevadas que las utilizadas en cebos líquidos en viñedos de California: 0.5 % de ácido bórico y 0.0001 % de tiametoxam (Cooper et al., 2008; Daane et al., 2006; Greenberg et al., 2006), pero similares a las utilizadas en cebos de hidrogel (McCalla et al., 2020). Es importante considerar que la concentración del ingrediente activo puede disminuir durante el proceso de trofalaxia (Rust et al., 2004). En este estudio, ambos ingredientes mostraron una efectividad destacada, por lo que representan una alternativa tanto para el manejo convencional como orgánico, aunque es necesario continuar con las evaluaciones antes de emitir recomendaciones específicas para los viñedos de Ensenada.

En los viñedos Agua Honda y Paralelo, el análisis de la abundancia de hormigas en los tres estratos de las plantas (raíz, tallo y ramas) evidenció diferencias entre tratamientos. El testigo mostró una tendencia

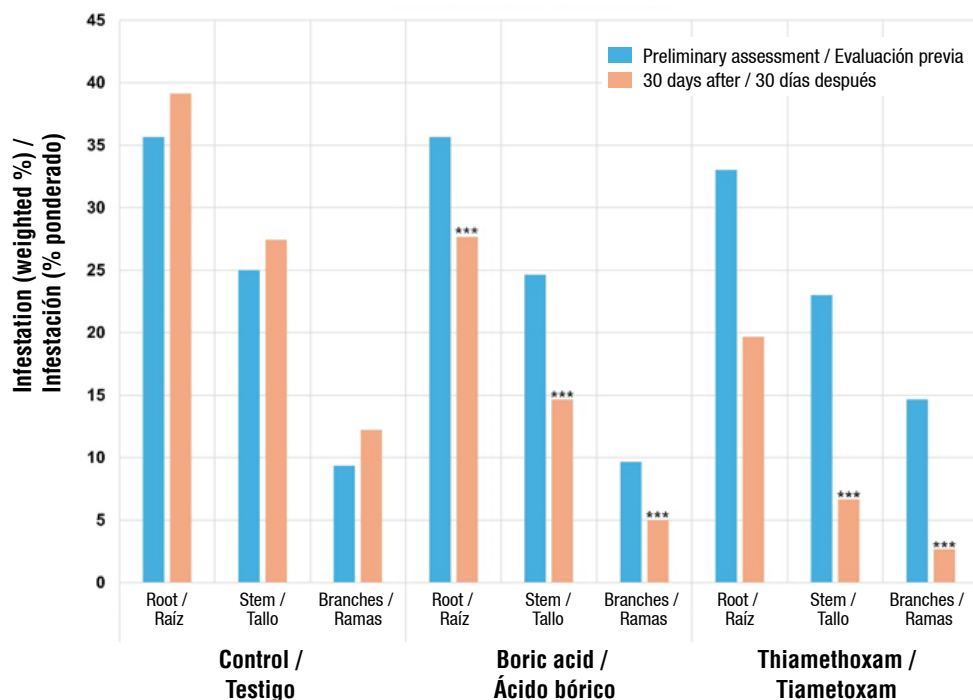


Figure 3. Abundance of ants associated with *Planococcus ficus* in three plant strata with different bait stations in conventionally managed vineyards in Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, Mexico. Treatments with \*\*\* showed a significant change in ant abundance compared to the previous evaluation.

Figura 3. Abundancia de hormigas asociadas a *Planococcus ficus* en tres estratos de plantas con diferentes estaciones de cebo en viñedos con manejo convencional en Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México. Los tratamientos con \*\*\* registraron un cambio significativo en la abundancia de hormigas en comparación con lo registrado en la evaluación previa.

OR = 0.356,  $p = 0.0066$ ; branches:  $\beta = -1.310$ , OR = 0.270,  $p = 0.0082$ ), with decreases of 64.4 and 73.0 %, respectively (Figure 3).

These results suggest that the treatments had variable effects depending on the stratum, likely due to variations in the structure or dynamics of ant colonies, which were not detected in the previous sampling. However, the significant and consistent reductions in ant abundance in two commercial vineyards support the relevance of continuing this type of trial in the region.

In relation to the organically managed vineyards, only Anatolia had adequate numerical consistency to analyze ant abundance by strata. Overall, the control vineyard showed a significant increase in ant abundance in all three strata compared to the previous assessment (root:  $\beta = 0.6525$ , OR = 1.920,  $p = 0.0080$ ; stem  $\beta = 1.403$ , OR = 4.067,  $p = 0.0006$ ; branches:  $\beta = 1.446$ , OR = 4.246,  $p = 0.0061$ ). In contrast, boric acid treatment significantly decreased ant presence at the root ( $\beta = -1.1300$ , OR = 0.3230,  $p = 0.0035$ ), representing a 67.7 % reduction compared to the previous assessment. However, no significant effects were observed in stems ( $\beta = -0.5480$ , OR = 0.5781,  $p = 0.2318$ ) or branches ( $\beta = -0.1981$ , OR = 0.8203,  $p = 0.7398$ ). Natural pyrethrin did not reduce ant abundance. In fact, an upward trend was observed in all three strata, although it was only statistically significant in the root stratum ( $\beta = 2.0760$ , OR = 7.9725,  $p < 0.0001$ ). In the stem ( $\beta = 0.4837$ , OR = 1.6221,  $p = 0.1980$ ) and branch ( $\beta = 0.2287$ , OR = 1.2570,  $p = 0.5967$ ) strata, the differences were not significant compared to the previous assessment (Figure 4).

These results show that ant abundance varied between conventionally and organically managed vineyards. In the pre-assessment, abundance levels were higher in organically managed vineyards, which could explain the increase observed in the control between the pre-assessment and the 30-day assessment. The increase in ant numbers could be due to the release of pheromones during the establishment of foraging trails (Greenberg & Klotz, 2000). Furthermore, ant activity levels tend to increase when initial populations are high (Nelson & Daane, 2007).

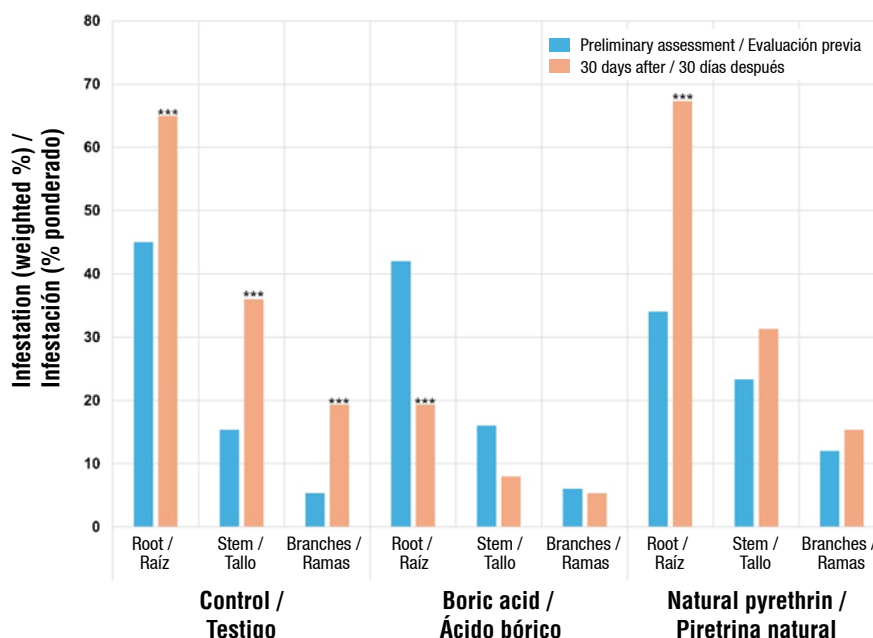
Natural pyrethrin did not significantly reduce ant populations; this could be attributed to at least three factors: 1) higher ant abundance at the start of the evaluation, 2) natural pyrethrin has no effect on ants in toxic baits, and 3) it takes longer to perceive its effect on the ant population. Klotz et al. (1998), evaluating the effect of boric acid, imidacloprid, and thiamethoxam on the control of *L. humile*, observed that boric acid reduced the ant population by 80 % after 10 weeks.

al aumento de hormigas en los tres estratos en comparación con la evaluación previa, aunque sin significancia estadística (raíz:  $\beta = 0.096$ , OR = 1.101,  $p = 0.6608$ ; tallo:  $\beta = 0.038$ , OR = 1.038,  $p = 0.8763$ ; ramas:  $\beta = 0.430$ , OR = 1.537,  $p = 0.1088$ ).

En los tratamientos con ácido bórico y tiametoxam se detectaron disminuciones significativas en la abundancia de hormigas en la mayoría de los estratos (Figura 3). El tratamiento con ácido bórico provocó una reducción significativa en los tres estratos de las plantas (raíz:  $\beta = -0.5003$ , OR = 0.606,  $p = 0.0245$ ; tallo:  $\beta = -0.8181$ , OR = 0.441,  $p = 0.0051$ ; ramas:  $\beta = -0.536$ , OR = 0.585,  $p = 0.0011$ ), con descensos de 29.4, 55.9 y 41.5 %, respectivamente, en comparación con la evaluación previa. Asimismo, el tratamiento con tiametoxam registró una disminución de hormigas en la raíz, aunque sin significancia estadística ( $\beta = -0.281$ , OR = 0.755,  $p = 0.3264$ ). Sin embargo, se registraron reducciones significativas en tallo y ramas (tallo:  $\beta = -1.033$ , OR = 0.356,  $p = 0.0066$ ; ramas:  $\beta = -1.310$ , OR = 0.270,  $p = 0.0082$ ), con disminuciones del 64.4 y 73.0 %, respectivamente (Figura 3).

Estos resultados sugieren que los tratamientos tuvieron efectos variables dependiendo del estrato, probablemente debido a variaciones en la estructura o dinámica de las colonias de hormigas, lo cual no se detectó en el muestreo previo. No obstante, las reducciones significativas y consistentes en la abundancia de hormigas en dos viñedos comerciales respaldan la pertinencia de continuar con este tipo de ensayos en la región.

De los dos viñedos con manejo orgánico, solo en Anatolia se obtuvo consistencia numérica adecuada para analizar la abundancia de hormigas por estratos. En general, el testigo registró un aumento significativo en la abundancia de hormigas en los tres estratos con respecto a la evaluación previa (raíz:  $\beta = 0.6525$ , OR = 1.920,  $p = 0.0080$ ; tallo  $\beta = 1.403$ , OR = 4.067,  $p = 0.0006$ ; ramas:  $\beta = 1.446$ , OR = 4.246,  $p = 0.0061$ ). En contraste, el tratamiento con ácido bórico disminuyó significativamente la presencia de hormigas en la raíz ( $\beta = -1.1300$ , OR = 0.3230,  $p = 0.0035$ ), lo cual representó una reducción de 67.7 % en comparación con la evaluación previa. No obstante, no se observaron efectos significativos en los tallos ( $\beta = -0.5480$ , OR = 0.5781,  $p = 0.2318$ ) ni en las ramas ( $\beta = -0.1981$ , OR = 0.8203,  $p = 0.7398$ ). Por su parte, la piretrina natural no mostró efecto reductor sobre la abundancia de hormigas. De hecho, se observó una tendencia al incremento en los tres estratos, aunque solo fue estadísticamente significativo en el estrato de raíz ( $\beta = 2.0760$ , OR = 7.9725,  $p < 0.0001$ ). En los estratos de tallo ( $\beta = 0.4837$ , OR = 1.6221,  $p = 0.1980$ ) y ramas ( $\beta = 0.2287$ ,



**Figure 4.** Abundance of ants associated with *Planococcus ficus* in three plant strata with different bait stations in organically managed vineyards in Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, Mexico. Treatments with \*\*\* showed a significant change in ant abundance compared to the previous evaluation.

**Figura 4.** Abundancia de hormigas asociadas a *Planococcus ficus* en tres estratos de plantas con diferentes estaciones de cebo en viñedos con manejo orgánico en Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, México. Los tratamientos con \*\*\* registraron un cambio significativo en la abundancia de hormigas en comparación con lo registrado en la evaluación previa.

It is important to note that this study only tested one product formulated as natural pyrethrin in organic vineyards. If this group of insecticides is to be continued, it is necessary to find one compatible with solid matrices for use in toxic baits. On the other hand, boric acid had an effect on the roots in organically managed vineyards, and the results were consistent with those in conventional systems. This compound represents a promising alternative for organic farmers, justifying its evaluation in future research in the winegrowing region.

The use of 25 bait stations per hectare exceeded the density recommended by Daane et al. (2006), who suggested using between five and twenty dispensers per hectare. However, the optimal density may vary depending on the size of the ant population (Cooper et al., 2008), since high ant densities could reduce the effectiveness of a limited number of stations (Daane et al., 2006). Therefore, more bait stations were used in the present study than recommended in the literature.

In vineyards with *P. ficus* problems, it is essential to consider various factors in bait development, as well as varying their density, to reduce the incidence of

OR = 1.2570,  $p = 0.5967$ ), las diferencias no fueron significativas en comparación con la evaluación previa (Figura 4).

Estos resultados evidencian que la abundancia de hormigas varió entre viñedos con manejo convencional y orgánico. En la evaluación previa, los niveles de abundancia eran mayores en los viñedos con manejo orgánico, lo cual podría explicar el incremento observado en el testigo entre la evaluación previa y la evaluación a los 30 días. El aumento en el número de hormigas se podría deber a la liberación de feromonas durante el establecimiento de senderos de forrajeo (Greenberg & Klotz, 2000). Además, el nivel de actividad de las hormigas suele incrementar cuando las poblaciones iniciales son altas (Nelson & Daane, 2007).

La piretrina natural no redujo significativamente las poblaciones de hormigas; esto se podría atribuir al menos a tres factores: 1) mayor abundancia de hormigas al inicio de la evaluación, 2) la piretrina natural no tiene efecto para combatir hormigas en cebos tóxico y 3) se necesita más tiempo para percibir su efecto en la población de hormigas. Klotz et al. (1998), al evaluar el efecto de ácido bórico, imidacloprid y tiametoxam

ants (Milosavljevic et al., 2024; Rust et al., 2004). These actions would facilitate the implementation of more effective biological control programs against this insect, since it has been proven that natural control of *P. ficus* can be more effective in the absence of ants, which contributes to more sustainable crop management (Cocco et al., 2021; Mgocheki & Addison, 2009b).

## Conclusions

Ground shrimp as a protein source in baits proved to be attractive to ants of the genus *Formica*. Baits formulated with thiamethoxam and boric acid reduced the incidence of ants in vineyards, although their performance varied depending on the plant stratum. It is necessary to evaluate other attractants and active ingredients to improve the control of ants associated with *P. ficus* in vineyards in Ensenada, Baja California.

## Acknowledgments

The first author thanks the *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías* (CONAHCYT) for the scholarship granted for her master's studies (CVU: 1173494). The authors also thank the *Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario* (CONACOFI) for funding this project, the technicians of the *Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California* (CESVBC), Ensenada campus, for their support during field activities, the grape growers who participated and allowed us to work in their vineyards, and the collaborators of the *Colegio de Postgraduados* whose contributions improved this work.

End of English version

## References / Referencias

- Alokail, M. S., Elhalwagy, M. E., Abd-Alrahman, S. H., Alnaami, A. M., Hussain, S. D., Amer, O. E., Sabico, S., & Al-Daghri, N. M. (2024). Pesticide residues and associated health effects in marketed fruits in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*, 17(11), 105993. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2024.105993>
- Calabuig, A., Tena, A., Wäckers, F. L., Fernández-Arrojo, L., Plou, F. J., García-Marí, F., & Pekas, A. (2015). Ants impact the energy reserves of natural enemies through the shared honeydew exploitation. *Ecological Entomology*, 40(6), 687-695. <https://doi.org/10.1111/een.12237>
- Castro-Alvarez, B., Vanegas-Rico, J. M., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., González-Hernández, H., & Soto-Rojas, L. (August, 2023). *Hormigas asociadas a Planococcus ficus* Signoret (Hemiptera: Pseudococcidae) en Ensenada, Baja California, México. IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada, México. [https://www.entomologiaaplicada.com/\\_files/ugd/f6b6c4\\_cbec86804c4548a38256bb670c25617a.pdf](https://www.entomologiaaplicada.com/_files/ugd/f6b6c4_cbec86804c4548a38256bb670c25617a.pdf)

sobre el control de *L. humile*, observaron que el ácido bórico redujo en un 80 % la población de hormigas después de 10 semanas.

Es importante destacar que en este trabajo solo se probó un producto formulado como insecticida (piretrina natural) en los viñedos orgánicos. Si se desea continuar con este grupo de insecticidas, es necesario buscar alguno compatible con matrices sólidas para su uso en cebos tóxicos. Por otro lado, el ácido bórico tuvo un efecto en la raíz en viñedos con manejo orgánico, y los resultados fueron consistentes en los sistemas convencionales. Este compuesto representa una alternativa prometedora para productores orgánicos, lo cual justifica su evaluación en futuras investigaciones en la región vitivinícola.

El uso de 25 estaciones de cebo por hectárea superó la densidad recomendada por Daane et al. (2006), quienes sugieren usar entre cinco y veinte dispensadores por hectárea. No obstante, la densidad óptima puede variar en función del tamaño de la población de hormigas (Cooper et al., 2008), ya que la densidad elevada de hormigas podría disminuir la efectividad de un número limitado de estaciones (Daane et al., 2006). Por ello, en la presente investigación se usaron más estaciones de cebo que las recomendadas en la literatura.

En los viñedos con problemas de *P. ficus*, es fundamental considerar diversos factores en el desarrollo de cebos, así como variar su densidad, para reducir la incidencia de hormigas (Milosavljevic et al., 2024; Rust et al., 2004). Estas acciones facilitarían la implementación de programas de control biológico más efectivos contra este insecto, ya que se ha comprobado que el control natural de *P. ficus* puede ser más efectivo en ausencia de hormigas, lo cual contribuye a un manejo más sostenible del cultivo (Cocco et al., 2021; Mgocheki & Addison, 2009b).

## Conclusiones

El camarón molido como fuente de proteína en los cebos demostró ser atractivo para las hormigas del género *Formica*. Los cebos formulados con tiametoxam y ácido bórico redujeron la incidencia de hormigas en viñedos, aunque su desempeño varió en función del estrato de la planta. Es necesario evaluar otros atrayentes y sustancias activas para mejorar el control de hormigas asociadas a *P. ficus* en los viñedos de Ensenada, Baja California.

## Agradecimientos

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para sus estudios de maestría (CVU: 1173494). Asimismo, los autores agradecen al Consejo

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California (CESVBC). (2022). *Plagas de la vid*. CESVBC. <https://www.cesvbc.org/copia-de-manejo-fitosanitario-de-fr>
- Cocco, A., Pacheco-da Silva, V. C., Benelli, G., Botton, M., Lucchi, A., & Lentini, A. (2021). Sustainable management of the vine mealybug in organic vineyards. *Journal of Pest Science*, 94, 153-185. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01305-8>
- Cooper, M., Daane, K., Nelson, E., Varela, L., Battany, M., Tsutsui, N., & Rust, M. (2008). Liquid baits control Argentine ants sustainably in coastal vineyards. *California Agriculture*, 62(4), 177-183. <https://doi.org/10.3733/ca.v062n04p177>
- Daane, K. M., Sime, K. R., Hogg, B. N., Bianchi, M. L., Cooper, M. L., Rust, M. K., & Klotz, J. H. (2006). Effects of liquid insecticide baits on Argentine ants in California's coastal vineyards. *Crop Protection*, 25(6), 592-603. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.08.015>
- Greenberg, L., & Klotz, J. H. (2000). Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) trail pheromone enhances consumption of liquid sucrose solution. *Journal of Economic Entomology*, 93(1), 119-122. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.1.119>
- Greenberg, L., Klotz, J. H., & Rust, M. K. (2006). Liquid borate bait for control of the Argentine ant, *Linepithema humile*, in organic citrus (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 89(4), 469-474. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2006\)89\[469:LBBFCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2006)89[469:LBBFCO]2.0.CO;2)
- Hoffmann, B. D., Pettit, M., Antonio, J., Chassain, J., Ferrieu, E., Gutierrez, A., Holley, P., Lavorel, T., Moreno, J., Querat, S., & Wind T. (2023). Efficacy, non-target impacts, and other considerations of unregistered fipronil-laced baits being used in multiple invasive ant eradication programs. *Management of Biological Invasions*, 14, 437-457. <https://doi.org/10.3391/mbi.2023.14.3.04>
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Harvard University Press. <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674040755>
- Keklik, M., Golge, O., González-Curbelo, M. Á., & Kabak, B. (2024). Determination of pesticide residues in vine leaves using the QuEChERS method and liquid chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Foods*, 13(6), 909. <https://doi.org/10.3390/foods13060909>
- Klotz, J. H., Greenberg, L., & Venn, E. C. (1998). Liquid boric acid bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 91(4), 910-914. <https://doi.org/10.1093/jee/91.4.910>
- Klotz, J. H., Rust, M. K., Gonzalez, D., Greenberg, L., Costa, H., Phillips, P., & Kido, K. (2003). Directed sprays and liquid baits to manage ants in vineyards and citrus groves. *Journal of Agriculture and Urban Entomology*, 20(1), 31-40. [https://www.scentsoc.org/uploads/1/2/1/6/121603637/jaue\\_2003\\_vol20.pdf](https://www.scentsoc.org/uploads/1/2/1/6/121603637/jaue_2003_vol20.pdf)
- Le, B., Campbell, K., Park, H., Tseng, S., Pandey, R., Simmons, G. S., Henderson, R., Gispert, C., Rust, M. K., Lee, C. Y., Karimzadeh, R., Park, Y. L., & Choe, D. H. (2024). Field evaluations of biodegradable boric acid hydrogel baits for the control of Argentine ants: Promising results in vineyards and citrus orchards. *California Agriculture*, 78(2). <http://dx.doi.org/10.3733/001c.120496>
- Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI) por el financiamiento de este proyecto, a los técnicos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California (CESVBC), sede Ensenada, por el apoyo brindado durante las actividades de campo, a los productores de vid que participaron y nos permitieron trabajar en sus viñedos, así como a colaboradores del Colegio de Postgraduados cuyas contribuciones mejoraron este trabajo.

### Fin de la versión en español

- Mackay, W. P., & Mackay, E. (2002). *The ants of New México (Hymenoptera: Formicidae)*. Edwin Mellen Press.
- Mansour, R., Belzunces, L.P., Suma, P., Zappalà, L., Mazzeo, G., Grissa-Lebdi, K., Russo, A., & Biondi, A. (2018). Vine and citrus mealybug pest control based on synthetic chemicals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 37. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0513-7>
- McCalla, K. A., Tay, J. W., Mulchandani, A., Choe, D. H., & Hoddle, M. S. (2020). Biodegradable alginate hydrogel bait delivery system effectively controls high-density populations of Argentine ant in commercial citrus. *Journal of Pest Science*, 93, 1031-1042. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01175-9>
- Mercer, N. H., Haviland, D. R., & Daana K. M. (2025). Mealybug, *Planococcus ficus*, reduction through pavement ant, *Tetramorium immigrans*, management using polyacrylamide hydrogel baits in vineyards. *Crop Protection*, 190, 107078. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.107078>
- Meurville, M. P., & LeBoeuf, A. C. (2021). Trophallaxis: the functions and evolution of social fluid exchange in ant colonies (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 31, 1-30. [https://doi.org/10.25849/myrmecol.news\\_031:001](https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_031:001)
- Mgocheki, N., & Addison, P. (2009b). Effect of contact pesticides on vine mealybug parasitoids, *Anagyrus* sp. near *pseudococci* (Girault) and *Coccidoxenoides perminutus* (Timberlake) (Hymenoptera: Encyrtidae). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 30(2), 110-116. <https://doi.org/10.21548/30-2-1430>
- Mgocheki, N., & Addison, P. (2009a). Interference of ants (Hymenoptera: Formicidae) with biological control of the vine mealybug *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological Control*, 49(2), 180-185. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.02.001>
- Mgocheki, N., & Addison, P. (2010). Spatial distribution of ants (Hymenoptera: Formicidae), vine mealybugs and mealybug parasitoids in vineyards. *Journal of Applied Entomology*, 134(4), 285-295. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01494.x>
- Milosavljevic, I., Irvin, N. A., Lewis, M., & Hoddle, M. S. (2024). Spinosad-infused biodegradable hydrogel beads as a potential organic approach for Argentine ant, *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae), management in California citrus orchard. *Journal of Applied Entomology*, 148(1), 117-124. <https://doi.org/10.1111/jen.13203>
- Nelson, E. H., & Daane, K. M. (2007). Improving liquid bait programs for Argentine ant control: bait station density.

- Environmental Entomology*, 36(6), 1475-1484. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[1475:ILBPFA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1475:ILBPFA]2.0.CO;2)
- Parrilli, M., Profeta, M., Casoli, L., Gambirasio, F., Masetti, A., & Burgio, G. (2021). Use of sugar dispensers to disrupt ant attendance and improve biological control of mealybugs in vineyard. *Insects*, 12(4), 330. <https://doi.org/10.3390/insects12040330>
- R Core Team (2025). *R: A language and environment for statistical computing, version 4.2.1*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rust, M. K., Reiersen, D. A., & Klotz, J. H. (2004). Delayed toxicity as a critical factor in the efficacy of aqueous baits for controlling Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(3), 1017-1024. <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.1017>
- Sankovitz, M., Rivera, M. J., Manjarress, T., & Mathis, K. A. (2024). The role of ant-mediated biological interactions in agroecosystems. *Annals of the Entomological Society of America*, 117(2), 79-91. <https://doi.org/10.1093/aesa/saae002>
- Sime, K. R., & Daane, K. M. (2014). A comparison of two parasitoids (Hymenoptera: Encyrtidae) of the vine mealybug: rapid, non-discriminatory oviposition is favored when ants tend the host. *Environmental Entomology*, 43(4), 995-1002. <https://doi.org/10.1603/EN13192>
- Suiter, D. R., Gochmour, B. M., Holloway, J. B., & Vail, K. M. (2021). Alternative methods of ant (Hymenoptera: Formicidae) control with emphasis on the Argentine ant, *Linepithema humile*. *Insects*, 12(6), 487. <https://doi.org/10.3390/insects12060487>
- Tollerup, K. E., Rust, M. K., & Klotz, J. H. (2007). *Formica perpilosa*, an emerging pest in vineyards. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24(3), 147-158. <https://doi.org/10.3954/1523-5475-24.3.147>
- Tollerup, K. E., Rust, M. K., Phillips, P., & Klotz, J. (2004). Low-toxicity baits control ants in citrus orchards and grape vineyards. *California Agriculture*, 58(4), 213-217. <https://doi.org/10.3733/ca.v058n04p213>
- Townsend, G. R., & Heuberger, J. W. (1943) Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*, 27, 340-343.
- Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern applied statistics with S*. Springer. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>