

**Biocontrol de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) mediante el uso de entomopatógenos en arroz bajo condiciones de laboratorio**

**Biocontrol of planthopper (*Tagosodes orizicolus* Muir) using entomopathogens in rice under laboratory conditions**

Moreira T, Vanessa Ing.<sup>1\*</sup>, Morán S, Nuvia MSc.<sup>1</sup>, Vegas García, Ariadne<sup>2</sup>

1. Universidad Agraria del Ecuador. Sede Milagro. Facultad de Ciencias Agrícolas. Provincia de Guayas. Ecuador. Correos electrónicos: [ing.vanessam@gmail.com](mailto:ing.vanessam@gmail.com), [nuvialumorasa@hotmail.es](mailto:nuvialumorasa@hotmail.es). ; <https://orcid.org/0000-0002-4238-2241>.\* Autor de correspondencia

2. Investigador asociado. Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible (CEDS). Universidad ECOTEC, Km. 13.5 Vía a Samborondón 092302. Provincia de Guayas. Guayaquil. Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Unidad de Biotecnología. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela. . Correo electrónico: [ariadneveg@gmail.com](mailto:ariadneveg@gmail.com) ;

**Resumen**

El uso de microorganismos para el control de plagas es una alternativa cuando se trata de mejorar el rendimiento del cultivo atacado, y que al mismo tiempo, el medio ambiente y la salud de los seres vivos no sean afectados. Por esta razón, es necesario ampliar el conocimiento sobre los plaguicidas microbianos y las dosis. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de entomopatógenos sobre ninfas de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) en instar 1, en condiciones de laboratorio, y conocer los insectos asociados en el campo en las etapas de iniciación, intermedia y final en el cultivo de arroz. La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, sede Milagro, en la provincia del Guayas, y se basó en un diseño de Bloques Completamente al Azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizaron cuatro productos comerciales basados en microorganismos entomopatógenos de los géneros *Beauveria*, *Burkholderia*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, y *Verticillium*, y el testigo (con agua destilada). Las variables evaluadas fueron: número de ninfas sanas y enfermas a las 24 y 48 h, y mortalidad de las ninfas a las 72 h. Se cuantificaron e identificaron los insectos plagas y benéficos colectados en un campo de arroz. Se determinó que el tratamiento con el producto Phytosect, basado en una mezcla de *Beauveria*, *Metarhizium*, y *Verticillium* en dosis de 2 kg.ha<sup>-1</sup> fue la mejor alternativa con 93.75% de ninfas enfermas y una mortalidad de 96.25%. A nivel de campo prevaleció la sogata como insecto plaga en todas las etapas del

**Abstract**

The use of microorganisms to control pests is an alternative when it comes to improving the performance of the attacked crop, and at the same time, the environment and the health of living beings are not affected. For this reason, it is necessary to expand the knowledge about microbial pesticides and doses.

The objective of this research was to determine the effect of entomopathogens on the planthopper (*Tagosodes orizicolus* Muir) nymphs instar 1, in laboratory conditions, and in the field to know the insects associated in the initial, intermediate and final stages of the rice crop. The research was carried out at the Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, in the province of Guayas, and was based on a Design of Completely Random Blocks, with five treatments and four repetitions. Four commercial products based on entomopathogenic microorganisms of the genera *Beauveria*, *Burkholderia*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, and *Verticillium*, and the control (with distilled water) were used. The variables evaluated were: number of healthy and diseased nymphs at 24 and 48 h, and mortality of the nymphs at 72 h. Pest and beneficial insects collected in a rice field were quantified and identified. It was determined that the treatment with the product Phytosect, based on a mixture of *Beauveria*, *Metarhizium*, and *Verticillium* at a dose of 2 kg. ha<sup>-1</sup> was the best alternative with 93.75% of diseased nymphs and a mortality of 96.25%. At the field, the planthopper

cultivo.

**Palabras clave:** Antagonistas, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Oryza sativa*, *Verticillium*.

### Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el segundo cultivo más extensivo, después del trigo, y la mitad de la población mundial depende de este cereal para su alimentación (FAO, 2019). En Ecuador, constituye uno de los principales productos de la canasta básica. El 96 % de la producción del país es generada en las Provincias de Guayas y Los Ríos. La mayor parte de las unidades de producción pertenecen a los pequeños agricultores (81%), con parcelas menores o iguales a 10 ha., las cuales constituyen en su mayoría, su principal ingreso. De la semilla utilizada sólo el 23 % es certificada y el alto porcentaje restante (77%) es reciclada y por lo tanto de menor calidad (MAGAP, 2020). Esta gramínea es afectada por varios factores entre los cuales las plagas y enfermedades abarcan el 77% de los problemas limitantes, y se calculan pérdidas debido al ataque de plagas cercanas al 35% por año (INEC, 2011; MAGAP, 2019).

La sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir, Hemiptera: Delphacidae) es la plaga más abundante e importante en el cultivo del arroz, en las zonas tropicales y subtropicales del continente americano, produce dos tipos de daño: directo o mecánico causado en el proceso de ovoposición o al alimentarse del mesófilo y floema de la planta, cuyas pérdidas económicas van del 50% y 75% (Velásquez *et al.*, 2013). El daño indirecto, se debe a la transmisión del Virus de la Hoja Blanca del arroz (*Rice hoja blanca tenuivirus*, VHBA) por los adultos y ninfas al alimentarse de la savia, ocasionando pérdidas severas, hasta del 100 % cuando la variedad es susceptible a este virus (Morales y Jennings, 2010).

Las ninfas y adultos de sogata al succionar la savia de hojas, tallos y yemas de las plantas de arroz, provocan una escala de daños mecánicos: 0. Ningún daño. 1. Daño leve o decoloración foliar; 3. Amarillamiento de la 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> hoja; 5. Amarillamiento severo y enanismo, menos del 50% de plantas muertas; 7. Amarillamiento fuerte de las hojas y enanismo pronunciado, más del 50% de las plantas muertas; 5. Todas las plantas muertas (IRRI, 2002). Se producen taponamientos de los haces conductores ya sea por la incrustación de sus posturas, en la epidermis de la planta en la nervadura central,

prevaleció como la plaga insecta en todas las etapas del cultivo.

**Keywords:** antagonists, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Oryza sativa*, *Verticillium*.

### Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is the second most extensive crop, after wheat, and half of the world population depends on this cereal for food (FAO, 2019). In Ecuador, it constitutes one of the main products of the basic basket. 96% of the country's production is generated in the Provinces of Guayas and Los Ríos.

Most of the production units belong to small farmers (81%), with plots of less than or equal to 10 ha, which constitute their main income for the most of them. Only 23% of the seed used is certified and the remaining high percentage (77%) is recycled and therefore of lower quality (MAGAP, 2020). This crop is affected by several factors, among which pests and diseases cover 77% of the limiting problems, and losses due to the attack of pests are calculated close to 35% per year (INEC, 2011; MAGAP, 2019).

The sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir, Hemiptera: Delphacidae) is the most abundant and important pest in rice, in the tropical and subtropical zones of the American continent. It produces two types of damage: direct or mechanical caused in the oviposition process or by feeding on the mesophyll and phloem of the plant, such economical losses range from 50% to 75% (Velásquez *et al.*, 2013). The indirect damage, is due to the transmission of Rice Hoja Blanca Tenuivirus (RHBV) or White leaf rice virus by adults and nymphs when feeding on the sap, causing severe losses, up to 100% of the plants when the variety is susceptible to this virus (Morales and Jennings, 2010).

The nymphs and adults of sogata when sucking the sap of leaves, stems and buds of rice plants, cause a scale of mechanical damage: 0. No damage. 1. Slight damage or leaf discoloration; 3. Yellowing of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> leaf; 5. Severe yellowing and dwarfism, less than 50% dead plants; 7. Strong yellowing of the leaves and pronounced dwarfism, more than 50% of the plants dead; 5. All plants dead (IRRI, 2002). Plugging of the conductive bundles occurs either by the incrustation of their poses, in the epidermis of the plant in the midrib, causing necrosis or death of the oviposited areas,

provocando necrosis o muerte de las zonas ovipositadas, seguido de las excreciones por la sogata. En altas infestaciones, se observa el desarrollo del hongo fumagina y finalmente la planta es afectada por el virus de la hoja blanca, incidiendo todos estos daños en el rendimiento (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010).

El género *Tagosodes* incluye insectos exclusivamente fitófagos que se alimentan de Poaceas cultivadas y silvestres. Está constituido por aproximadamente 20 especies, tres viven en áreas de cultivos de arroz: *T. orizicolus* (Muir, 1926), *Tagosodes cubana* (Crawford, 1914), en América Central y del Sur y *Tagosodes pusanus* (Distant, 1912) en Asia. Sólo *T. orizicolus* está presente en el Ecuador (Mariani y de Remes, 2001) y para un desarrollo normal requiere temperaturas cerca de 27 °C y >80 % de humedad relativa (Morales y Jennings, 2010). Según Meneses (2008), el ciclo de vida de este insecto transcurre en tres fases: huevo, ninfa y adulto. Los huevos son incoloros y miden de 0.5-0.7 mm de largo. Luego de la eclosión, las ninfas pasan por cinco estadios. En el primer estadio son de color blanquesino, de 0.65 a 0.90 mm de largo, por 0.20 a 0.30 mm de ancho, y en el último alcanzan 2.0 a 3.0 mm de largo y 1.2 mm de ancho. Los adultos pueden o no poseer alas, pudiendo diferenciarse los machos de las hembras por sus características morfológicas, los primeros son más pequeños y de color pardo oscuro a negro, en cambio las hembras son más grandes y generalmente de color ámbar. La hembra ovoposita hasta 200 huevos, en 2 a 3 días, en las nervaduras de las hojas y en las vainas. En la duración del ciclo biológico influyen las temperaturas asociadas a los meses de siembra del cultivo: huevos de 7-15 días; ninfas de 15-20 días, adulto macho de 14-25 días y adulto hembra de 25-35 días. Puede presentarse a lo largo del ciclo fenológico de la planta, desde el semillero en las etapas vegetativa y reproductiva, sin embargo las mayores poblaciones se observan en plantas jóvenes, desde la germinación hasta el ahijamiento (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010).

Este insecto puede habitar sobre algunas arvenses, tales como: *Echinochloa colonum* (L.) Link (paja de arroz o arrocillo), *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv. (moco de pavo), *Lepthocloa fascicularis* (Lam.) N. Snow (plumilla), *Brachiaria mutica* (Forks.) Stapf (pasto) y *Leersia hexandra* Sw. (pasto de agua) (Meneses, 2008). Algunas de ellas, *E. colonum*, *E. cruscalli* y *Lepthocloa* sp. han sido señaladas hospederas del VHBA (Vivas e

followed by excretions by the sogata. In high infestations, the development of the sooty mold is observed and finally the plant is also affected as it is the vector that carries the white leaf rice virus, with all these damages affecting the yield (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010).

The genus *Tagosodes* includes insects exclusively phytophagous that feed on cultivated and wild Poaceas. It is made up of approximately 20 species and three species live in rice cultivation areas: *T. orizicolus* (Muir, 1926), *Tagosodes cubana* (Crawford, 1914), in Central and South America and *Tagosodes pusanus* (Distant, 1912) in Asia. Only *T. orizicolus* is present in Ecuador (Mariani and de Remes, 2001) and requires temperatures around 27 °C and > 80% relative humidity for normal development (Morales and Jennings, 2010). According to Meneses (2008), the life cycle of this insect occurs in three stages: egg, nymph and adult. The eggs are colorless and 0.5-0.7 mm long. After hatching, the nymphs go through five instars until they reach adulthood. In the first instar they are whitish in color, 0.65 to 0.90 mm long, by 0.20 to 0.30 mm wide, and in the last instar they reach 2.0 to 3.0 mm long and 1.2 mm wide. Adults can be differentiated between males and females by their morphological characteristics, the former are smaller and dark brown to black, while the females are larger and generally amber in color. Adults either have wings or not. The female oviposits up to 200 eggs, in 2 to 3 days, in the veins of the leaves and in the pods. Its biological cycle is according to the temperatures that affect the sowing months of the crop: 7-15 day eggs; nymphs 15-20 days, male adult 14-25 days and female adult 25-35 days. It can occur in the seedbed and coexist with the plant during its vegetative and reproductive stages, however the largest populations are observed in young plants, during the vegetative phase, from germination to tillering (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010).

This insect can inhabit some weeds, such as: *Echinochloa colonum* (L.) Link (rice or rice straw), *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv. (turkey mucus), *Lepthocloa fascicularis* (Lam.) N. Snow (feather), *Brachiaria mutica* (Fork) Stapf (grass) and *Leersia hexandra* Sw. (water grass). Some of them, *E. colonum*, *E. cruscalli* y *Lepthocloa* sp. have been identified as RHBV hosts (Vivas and Intriago, 2012). In addition, studies indicate that these weeds release allelopathic substances that affect the development and growth of the

Intriago, 2012). Además, estudios indican que estas arvenses liberan sustancias alelopáticas que afectan el desarrollo y crecimiento del cultivo. Debido a lo anteriormente expuesto, se aplican medidas culturales como la correcta eliminación de soca y control de malezas (Meneses, 2008).

Para el control de insectos plaga en arroz se plantea el manejo integrado mediante el empleo de variedades resistentes (al daño directo de la sogata y al virus RHB) y semillas certificadas, colocación de trampas, feromonas, controladores biológicos y en última instancia cuando la población del insecto sobrepase el umbral económico, el control químico, debido a que los insectos adquieren resistencia y hay mortalidad de insectos benéficos, pudiéndose agravar el ataque del insecto. Además del control manual de arvenses en forma oportuna y la preservación de los organismos benéficos (Morales y Jennings, 2010; Pérez y Rodríguez, 2019; González *et al.*, 2012b).

Existe una diversidad de organismos que contribuyen en el biocontrol de sogata, entre estos: parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos, los cuales actúan como enemigos naturales y regulan la densidad poblacional de *T. oryzae*. Los parasitoides reportados son: en los huevecillos, *Anagrus* sp., *Paranagrus perforator* Perkins, *Paranagrus* sp. *Paracentrobia* sp. (Hymenoptera); de ninfas y adulto, *Atrichopogum* spp. (Diptera), *Gonatopus* sp. (Hymenoptera), *Haplogonatopus henandezae* Olmi (Hymenoptera), *Elenchinus* sp. (Homoptera). Por otro lado, se señalan los depredadores: *Tyttus parviceps* (Reuter) (Hemiptera), *Zelus rubidus* Lep. (Hemiptera), *Zelus* sp. (Hemiptera), *Nabis* sp. (Hemiptera), *Coleomegilla* sp. (Coccinellidae) y *Cicloneda* sp. (Coccinellidae), *Tetragnata pallescens* F. O. Pickard-Cambridge, *Argiope catenulate* (Doleschall) y otras arañas que atacan ninfas y adultos (Castillo *et al.*, 2017; Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010; Vivas y Astudillo, 2017).

Los hongos entomopatógenos causan infección en el insecto y se alimentan del mismo. Debido a la infección, los insectos presentan poca movilidad, necrosamiento, deformidad y por último mueren. Estos entomopatógenos se reproducen a las 24, 48 o 72 h y se renuevan de manera continua, no causan resistencia en el insecto, no contaminan el medio ambiente y no causan daño en el ser humano. Presentan desventajas debido a la sensibilidad a las condiciones climáticas, y

crop. Due to the above reasons, cultural measures are applied such as the correct elimination of soca and weed control (Meneses, 2008).

For the control of insect pests in rice, integrated management is proposed through the use of resistant varieties (to direct damage to sogata and to the RHBV) and certified seeds, placement of traps, pheromones, biological controllers and ultimately when the population of the insect surpasses the economic threshold, the chemical control, because the insects acquire resistance and there is mortality of beneficial insects, being able to aggravate the attack of the insect. In addition to the manual control of weeds in a timely manner and the preservation of beneficial organisms (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010; Pérez and Rodríguez, 2019; González *et al.*, 2012b).

It has been possible to demonstrate the diversity of species that help in the biocontrol of sogata, such as: parasitoids, predators and entomopathogenic fungi, which act as natural enemies, contributing naturally to the cultivation of rice and helping to regulate the population density of *T. oryzae*. Parasitoids that have been reported are: in eggs, *Anagrus* sp., *Paranagrus perforator* Perkins, *Paranagrus* sp. *Paracentrobia* sp. (Hymenoptera); in nymphs and adults, *Atrichopogum* spp. (Diptera), *Gonatopus* sp. (Hymenoptera), *Haplogonatopus henandezae* Olmi (Hymenoptera), *Elenchinus* sp. (Homoptera). On the other hand, agricultural pest predators have been identified: *Tyttus parviceps* (Reuter) (Hemiptera), *Zelus rubidus* Lep (Hemiptera), *Zelus* sp. (Hemiptera), *Nabis* sp. (Hemiptera), *Coleomegilla* sp. (Coccinellidae) and *Cicloneda* sp. (Coccinellidae), *Tetragnata pallescens* F. O. Pickard-Cambridge, *Argiope catenulate* (Doleschall) and other spiders that attack nymphs and adults (Castillo *et al.*, 2017; Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010; Vivas y Astrudillo, 2017).

Entomopathogenic fungi cause infection in the insect and feed on it. Due to the infection, the insects show little mobility, necrotization, deformity and finally die. These entomopathogens reproduce after 24, 48 or 72 h and are renewed continuously, they do not cause resistance in the insect, they do not pollute the environment and they do not cause harm to humans. They have disadvantages due to their sensitivity to climatic conditions, and that they are slow-acting, that is, they do not kill the insect instantly, but take at least

que son de acción lenta, es decir, no matan al instante al insecto, sino que tardan como mínimo días a una semana en matar a la víctima (González *et al.*, 2012a).

Se ha señalado que el uso de biocontroladores es una práctica agrícola en constante crecimiento, que requiere de un buen manejo de organismos naturales, sometiendo a destrucción total o parcial del insecto plaga, sin embargo en Ecuador las recomendaciones de control van orientadas al empleo de variedades resistentes, semillas certificadas, uso de depredadores y agentes químicos (González *et al.*, 2012a; Pérez y Rodríguez, 2019; Rodríguez *et al.*, 2018).

Entre los hongos entomopatógenos más usados están: *Metarhizium* spp., *Beauveria* spp., *Entomophthora* spp., *Paecilomyces* spp., y *Verticillium* spp. Los productos comerciales elaborados a base de estos hongos y sus combinaciones contienen esporas en latencia y causan daño en ninfas y adultos (Carballo *et al.*, 2004; González *et al.*, 2012a; Mota y Murcia, 2011). Pueden atacar de manera natural a un gran número de especies de diferentes órdenes, incluyendo plagas de importancia agrícola.

La utilización de microorganismos biocontroladores para el control de sogata es una alternativa inocua y amigable con el medio ambiente comparado los plaguicidas órgano-sintéticos, además que debido al uso excesivo de estos últimos se puede crear resistencia en el insecto (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010). Entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Vals) Vuil y *Metarhizium anisopliae* (Metch) se han utilizado para el control de sogata, pero se requieren condiciones de alta humedad y baja radiación solar (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010; Peñaranda *et al.*, 1999). Los insecticidas microbiológicos deben reducir la plaga en las fases tempranas, debido a que el control no es inmediato, y los vectores activos adquieren el VHB transovaricamente y por la alimentación de ninfas y adultos (Meneses, 2008; Peñaranda *et al.*, 1999).

Adicionalmente, se ha estudiado la compatibilidad de los hongos entomopatógenos a insecticidas fungicidas, y herbicidas, y su efecto sobre depredadores y parasitoides, aspectos de relevancia para el manejo integrado de los cultivos (Castro y Martínez, 2019; Lavanya y Matti, 2020). Se ha demostrado los efectos sinérgicos, antagónicos y aditivos en el control de los hongos entomopatógenos en combinación con los insecticidas. En ensayos sobre el efecto de insecticidas

days to a week to eliminate the victim or at least it stops feeding (González *et al.*, 2012a).

It has been pointed out that the use of biocontrollers is an agricultural practice in constant growth, which requires good management of natural organisms, subjecting the pest insect to total or partial destruction, however in Ecuador the control recommendations are oriented to the use of resistant varieties, certified seeds, use of predators and chemical agents (González *et al.*, 2012b; Pérez and Rodríguez, 2019; Rodríguez *et al.*, 2018).

Among the most used entomopathogenic fungi are: *Metarhizium* spp, *Beauveria* spp, *Entomophthora* spp, *Paecilomyces* spp, and *Verticillium* spp. Commercial products made from these fungi and their combinations contain dormant spores and cause damage in nymphs and adults (Carballo *et al.*, 2004; González *et al.*, 2012a; Mota and Murcia, 2011). They can naturally attack a large number of species of different orders, including pests of agricultural importance.

The use of biocontroller microorganisms to control sogata is a safer and more environmentally friendly alternative than chemical products, in addition to the fact that due to the excessive use of the latter, resistance can be created in the insect (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010). Entomopathogens such as *Beauveria bassiana* (Vals) Vuil and *Metarhizium anisopliae* (Metch) have been used to control sogata, but conditions of high humidity and low solar radiation are required (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010; Peñaranda *et al.*, 1999). Microbiological insecticides must reduce the plague in the early stages, since control is not immediate, and active vectors acquire HBV transovarically and by feeding nymphs and adults (Meneses, 2008; Peñaranda *et al.*, 1999).

Additionally, the compatibility of entomopathogenic fungi with insecticides, fungicides and herbicides, and their effect on predators and parasitoids, aspects of relevance for integrated crop management have been studied (Castro and Martínez, 2019; Lavanya and Matti, 2020). Synergistic, antagonistic and additive effects have been demonstrated in the control of entomopathogenic fungi in combination with insecticides. In tests on the effect of insecticides on the growth of *B. bassiana* and *M. anisopliae*, it has been concluded that the response of these fungi is variable, depending on the mode of action of the active

sobre el crecimiento de *B. bassiana* y *M. anisopliae* se ha concluido que la respuesta de estos hongos es variable, dependiente del modo de acción de los ingredientes activos, las concentraciones y las formulaciones. En algunos casos se ha comprobado el efecto aditivo, cuando se utilizan los entomopatógenos combinados con insecticidas. Estos resultados demuestran que reduciendo la dosis de insecticida y del hongo se obtiene una disminución significativa de la plaga en el campo, y de esta manera se impide la aparición de resistencia por la utilización de dosis subletales (Lavanya y Matti, 2020; Nussenbaum, 2014; Rampoldi, 2017).

En el presente estudio se analizó el efecto del control biológico mediante el uso de los entomopatógenos, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium lecanii*, *Burkholderia cepacea* sobre ninfas de sogata (*Tagosodes orizicolus*), en condiciones de laboratorio, y en el campo, se cuantificaron e identificaron las plagas, e insectos y arácnidos benéficos colectados en trampas cromáticas en un cultivo comercial de arroz, en la provincia de Guayas, Ecuador.

## Materiales y métodos

### Contaje de insectos capturados en trampas en un cultivo comercial

Para la captura de los insectos presentes en un cultivo comercial de arroz ubicado en la zona de Lomas de Sargentillo, Provincia de Guayas, Ecuador, se utilizaron trampas cromáticas, en las fases inicial, intermedia y final del cultivo, a los 30, 35 y 55 días después de la siembra (dds), respectivamente. Las trampas consistieron en una lámina amarilla impregnada con kalipega®S – Gomin Cola para realizar la captura de los insectos en las tres etapas mencionadas sobre la variedad INIAP 11, la cual presenta un ciclo de 120 días. Éstas trampas fueron llevadas al laboratorio y se dividieron en 4 cuadrantes y se efectuó el conteo y la identificación de los insectos en uno de los cuadrantes, con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Olympus) con un rango de aumentos de 10x a 40x.

### Recolección y cría de *Tagosodes orizicolus*

En el campo se colectaron 150 y 200 sogatas (ninfas y adultos) cuando las plantas estaban en etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente, en siembras comerciales. Se realizaron muestreos con una red entomológica de 10 pases dobles, en parcelas libres de químicos de 1 a 5 ha. Los adultos se colocaron sobre

ingredientes, the concentrations and the formulations. In some cases the additive effect has been proven when entomopathogens are used in combination with insecticides. These results show that reducing the dose of insecticide and fungus a significant decrease of the pest in the field is obtained, and in this way the appearance of resistance is prevented by the use of sublethal doses (Lavanya and Matti, 2020; Nussenbaum, 2014; Rampoldi, 2017).

In the present study, the effect of biological control through the use of entomopathogens, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium lecanii*, *Burkholderia cepacea* on sogata nymphs (*Tagosodes orizicolus*) was analyzed, under laboratory conditions, and in the field, pests, beneficial insects and arachnids collected on chromatic traps were quantified and identified in a commercial rice crop, Guayas province, Ecuador.

## Materials and Methods

### Counting insects captured in traps in a commercial crop

To capture the insects present in a commercial rice crop located in the Lomas de Sargentillo area, Guayas Province, Ecuador, chromatic traps were used, in the initial, intermediate and final phases of the crop, at 30, 35 and 55 days after sowing (das), respectively. The traps consisted of a yellow sheet impregnated with kalipega®S - Gomin Cola to capture the insects in the three mentioned stages on the INIAP 11 variety, which has a cycle of 120 days. These traps were taken to the entomology laboratory where they were divided into 4 quadrants and the insects were counted and identified in one of the quadrants, with the help of an Olympus stereoscopic microscope, with a magnification range of 10x to 40x.

### Collection and breeding of *Tagosodes orizicolus*

In the field, 150 and 200 sogatas (nymphs and adults) were collected in the vegetative stage and reproductive stage, respectively, of commercial crops by sampling, of 10 double passes, with an entomological net, in chemical-free plots of 1 to 5 hectares. Adults were placed on plants in entomological cages, and nymphs in 145 ml glass containers with metal lids. In an open field space of the research area, a protected greenhouse was built, where healthy chemical-free rice plants were grown. They were used in 10 pots of 19 cm in diameter x

plantas en jaulas entomológicas, y las ninfas en recipientes de vidrios de 145 ml de capacidad con tapa metálica. En un espacio en campo abierto de la zona de investigación, se construyó un invernadero protegido, donde se desarrollaron las plantas sanas de arroz libres de químicos. Se utilizaron en 10 macetas de 19 cm de diámetro x 16 cm de alto, llenas con suelo tipo arcilloso, donde se sembraron semillas de arroz de la variedad INIAP 11 para producir las plantas que se utilizaron para la alimentación de los insectos. La experimentación se realizó en época seca, a una temperatura entre 25-27 °C y se les suministró agua 2-3 veces al día a las plantas.

### **Bioensayos de patogenicidad con productos biológicos basados en entomopatógenos sobre ninfas de sogata (Instar 1) en condiciones de laboratorio**

Los bioensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de entomología de la Universidad Agraria del Ecuador, sede Milagro. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), que comprendió cinco tratamientos de los cuales cuatro consistieron en la aplicación de entomopatógenos comerciales, y uno como testigo absoluto que consistió en agua destilada (Tabla 1). El análisis estadístico se realizó con el software InfoStat (InfoStat, 2004) y la comparación con el test de Tukey al 5% de probabilidad de error tipo I.

Los productos a base de entomopatógenos fueron: *Beauveria bassiana*, Micosplag WP, Phytosect, Bionema. Los tres últimos consistieron en mezcla de microorganismos. Micosplag wp contuvo los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson; Phytosect, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii* (Zim) Zare y Gam (); y Bionema, *Burkholderia cepacia* (Burkholder) y *Paecilomyces lilacinus*.

Los tratamientos se aplicaron sobre los insectos por medio de un spray de 1L, de acuerdo a la dosis recomendada por el fabricante (Tabla 1).

16 cm high, filled with clay-type soil, where recycled rice seeds of the INIAP 11 variety were sown to produce the plants that were used to feed the insects. The experimentation was carried out in the dry season, at a temperature between 25-27 °C and water was supplied 2-3 times a day to the plants.

### **Bioassays of pathogenicity with biological products based on entomopathogens on sogata nymphs (Instar 1) under laboratory conditions**

The bioassays were carried out in the entomology laboratory of the Universidad Agraria del Ecuador, Milagro campus. An experimental design of Completely Random Blocks (DCRB) was used, which comprised five treatments of which four consisted of the application of commercial entomopathogens, and one as an absolute control that consisted of distilled water (Table 1). Statistical analysis was performed with InfoStat software (InfoStat, 2004) and comparison with Tukey's test at 5% probability of type I error.

Products based on entomopathogens were: *Beauveria bassiana*, Micosplag WP, Phytosect, Bionema. The last three consisted of a mixture of microorganisms. Micosplag wp contained the fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson; Phytosect, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Verticillium lecanii* (Zim) Zare y Gam; and Bionema, *Burkholderia cepacia* (Burkholder) y *Paecilomyces lilacinus*

The treatments were applied on the insects by means of a 1L spray, according to the dose recommended by the manufacturer (Table 1).

Tabla 1. Tratamientos (productos a base de hongos entomopatógenos) y dosis a evaluarse sobre las ninfas de sogata, en condiciones de laboratorio.

Table 1. Treatments (products based on entomopathogenic fungi) and doses to be evaluated on sogata nymphs, under laboratory conditions

Tratamiento	Producto	Dosis.ha <sup>-1</sup>	Dosis.L <sup>-1</sup>	Con. Final UFC.g <sup>-1</sup> (*)
T1	<i>Beauveria bassiana</i>	5 L	25 cc	2.5 x 10 <sup>9</sup>
T2	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Micosplag)	100g	0.5 g	0.5 x 10 <sup>8</sup> 0.5 x 10 <sup>6</sup> 0.5 x 10 <sup>6</sup>
T3	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Verticillium lecanii</i> (Phytosect)	2 kg	10 g	2.1 x 10 <sup>14</sup>
T4	<i>Burkholderia cepacia</i> y <i>Paecilomyces lillacinus</i> . (Bionema)	150g	0.75 g	0.75 x 10 <sup>9</sup> 0.75 x 10 <sup>8</sup>
T5	Testigo	0	0	0

(\*) Concentración final, expresadas en Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

La unidad experimental consistió en una caja Petri con 10 ninfas instar 1 de sogata, colocadas en portaobjetos sobre una base de servilletas estériles.

Para cada uno de los tratamientos se evaluaron las siguientes variables:

**Conteo de ninfas sanas, enfermas y mortalidad.**

Conteo de ninfas sanas de sogata por unidad experimental: Se evaluó el número de ninfas en estadio 1 sanas por unidad experimental a las 24 y 48 h después de aplicados los tratamientos, expresados en porcentaje;

The experimental unit consisted of a Petri dish with 10 instar 1 nymphs of sogata, placed on slides on a base of sterile napkins. For each of the treatments the following variables were evaluated:

**Count of healthy sogata nymphs per experimental unit:**

The number of nymphs in healthy instar1 per experimental unit was evaluated at 24 and 48 h after applying the treatments, expressed as a percentage.

**Count of diseased sogata nymphs per experimental unit:**

The number of nymphs in diseased instar1 per experimental unit was evaluated at 24 and 48 h after



Conteo de ninfas enfermas de sogata por unidad experimental: Se evaluó el número de ninfas en instar1 enfermas por unidad experimental a las 24 y 48 h después de aplicados los tratamientos, expresados en porcentaje por observación de poca movilidad, necrosamiento, parálisis, desorientación, deformidad y su coloración; Mortalidad de ninfas de sogata tratadas por unidad experimental: Se evaluó el número de ninfas en estadio 1 muertas por unidad experimental a las 72 h después de aplicados los tratamientos, expresados en porcentajes.

### **Aislamiento e identificación de los hongos entomopatógenos de campo**

Mediante la red entomológica se lograron capturar dos adultos (macho y hembra) de sogata parasitados por hongos blanquecinos que cubrían totalmente sus cuerpos, momificándolos. El aislamiento de los hongos se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Agraria del Ecuador, sede Guayaquil. Los adultos parasitados se desinfectaron con cloro al 1%, seguido de dos pases con agua destilada estéril y se secaron sobre servilletas estériles, en condiciones asépticas en una cabina de flujo laminar. Seguidamente, se colocaron en cajas Petri contentivas del medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA), y se mantuvieron bajo observación para su posterior reaislamiento en cajas Petri con PDA con la finalidad de obtener cultivos puros. Para la identificación de los hongos se tomaron en cuenta las características macroscópicas de las colonias en los cultivos, forma y color del micelio, y las características microscópicas de las hifas y conidias observadas al microscópico óptico en muestras preparadas, mediante la técnica de impresión con cinta adhesiva transparente, de las colonias puras sobre un portaobjeto con una gota del colorante azul de anilina, según la clave de Barnett y Hunter (1972). Los aislamientos puros de estos hongos fueron observados bajo el microscopio óptico marca Olympus, a una magnificación de 400. Los aislamientos fueron conservados en cuñas de PDA en tubos de vidrio a 4 °C.

### **Resultados**

#### **Presencia de sogata, otros insectos y arácnidos en las trampas ubicadas en una plantación comercial**

En la tabla 2, se muestran los insectos y arácnidos capturados e identificados, incluyendo sogata, en las trampas amarillas, en las fases de inicio (30 d), intermedia (35 d) y final (55 d) de la plantación de arroz.

applying the treatments, expressed as a percentage by observing low mobility, necrotization, paralysis, disorientation, deformity and its coloration. **Mortality of sogata nymphs treated by experimental unit:** The number of nymphs in instar1 dead per experimental unit at 72 h after applying the treatments, expressed in percentages, was evaluated.

#### **Isolation and identification of the entomopathogenic fungi obtained from adult sogata captured from yellow traps placed in the field**

By means of the entomological net, two adults (male and female) of sogata were captured parasitized by whitish fungi that completely covered their bodies, mummifying them. The isolation of the fungi was carried out in the Biotechnology laboratory of the Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil campus. Parasitized adults were disinfected with 1% chlorine, followed by two passes with sterile distilled water and dried on sterile napkins, under aseptic conditions in a laminar flow cabinet. Subsequently, they were placed in Petri dishes containing the culture medium Papa-Dextrose-Agar (PDA), and kept under observation for their subsequent re-isolation in Petri dishes with PDA in order to obtain pure cultures. For the identification of the fungi, the macroscopic characteristics of the colonies in the cultures, and the shape and color of the mycelium were taken into account; and the microscopic characteristics of the hyphae and conidia observed under the light microscope in prepared samples, using the tape printing technique, of the pure colonies on a slide with a drop of aniline blue dye, according to Barnett and Hunter (1972). The pure isolates of these fungi were observed with an Olympus optical microscope, at a magnification of 400. The isolates were preserved in PDA wedges in glass tubes at 4 °C.

### **Results**

#### **Presence of sogata and other insects in traps located in a commercial plantation**

Table 2 shows the insects and arachnids captured and identified, including sogata, in the yellow traps, in the beginning (30 d), intermediate (35 d) and final (55 d) phases of a rice plantation in the area of Lomas de Sargentillo, in Caña Brava. At the beginning of the crop, the following appeared, in addition to sogata: Coccinellidae (ladybird), *Empoasca vitis* Göthe (green

Al inicio del cultivo se presentaron los siguientes, además de sogata: Coccinellidae (mariquita), *Empoasca vitis* Göthe (lorito verde), *Lasius niger* (Linneo) (hormiga negra), *Lucilia sericata* (Meigen) (mosca verde). En la fase intermedia del cultivo: *Empoasca vitis*, *Hydrelia* sp. (minador), *Oebalus ornatus* (Stal) (chinche espiga), *Rupela albinella* (Cramer) (novia del arroz), *Tetragnatha* sp. (araña), y en la fase final: Coccinellidae, *Empoasca vitis*, *Hydrelia* sp., *Lasius niger*, *Lucilia sericata*, *Rupela albinella*, *Tetragnatha* sp., *Trathala* sp. (avispa). En la fase intermedia, se evidenció la presencia de la mayor cantidad y diversidad de insectos plagas, además de la sogata: chinche espiga, minador, y la novia del arroz. Mientras que en el tercer muestreo, hubo presencia de minador y novia del arroz. Como enemigos naturales se colectaron mariquitas, en el primer y tercer muestreo; arañas en el segundo y tercer muestreo; y avispas del género *Trathala* sp., en la etapa final del cultivo. En esta parte experimental en campo se pudo comprobar que el número de adultos de sogata fue mayor con respecto a otros insectos-plagas y benéficos. Se observó la presencia de insectos plaga a lo largo del cultivo, prevaleciendo la sogata en las tres colectas. Los otros insectos plagas capturados en las trampas, tales como, la novia del arroz *Rupela albinella* y los chinches del género *Oebalus* sp. Son también considerados plagas principales en el cultivo del arroz.

leafhopper), *Lasius niger* (Linneo) (black ant), *Lucilia sericata* (Meigen) (green fly). In the intermediate phase of cultivation: *Empoasca vitis*, *Hydrelia* sp. (miner), *Oebalus ornatus* (Stal) (rice stink bug), *Rupela albinella* (Cramer) (South American white borer of rice), and *Tetragnatha* sp. (spider), and in the final phase: Coccinellidae, *Empoasca vitis*, *Hydrelia* sp., *Lasius niger*, *Lucilia sericata*, *Rupela albinella*, *Tetragnatha* sp., and *Trathala* sp. (wasps). In the intermediate phase, the presence of the greatest quantity and diversity of insect pests was evidenced, in addition to the sogata: stink bug, miner and rice white borer. While in the third sample, there was the presence of a miner and a rice white borer. Ladybugs were collected as natural enemies, in the first and third sampling, spiders in the second and third sampling, and wasps of the genus *Trathala* sp. in the final stage of cultivation. In this experimental part in the field, it was possible to verify that the number of adults of sogata was higher with respect to other pests and beneficials insects and arachnids. The presence of insects pest was observed throughout the crop, with sogata prevailing in the three captures. The other insect pests captured in the traps, such as, the white borer of rice *Rupela albinella* and the rice stink bugs of the genus *Oebalus* sp. are also considered main pests in rice cultivation.

**Tabla 2. Número de especies de insectos capturados e identificados en las trampas cromáticas en las distintas etapas del cultivo, a los 30 dds (conteo I), 35 dds (conteo II) y a los 55 dds (conteo III).**  
**Table 2. Number of species of insects captured and identified in the chromatic traps in the different stages of cultivation, at 30 das (count I), 35 das (count II) and at 55 das (count III).**

Especies	Capturadas	Conteo I	Conteo II	Conteo III
<i>Coccinellidae</i>		12	0	7
<i>Empoasca vitis</i>		10	12	5
<i>Hydrelia sp.</i>		0	8	5
<i>Lasius niger</i>		4	0	10
<i>Lucilia sericata</i>		15	0	6
<i>Oebalus ornatus</i>		0	10	0
<i>Rupela albinella</i>		0	5	3
<i>Tagasodes orizicolus</i>		19	24	12
<i>Tetragnatha sp</i>		0	7	10
<i>Trathala sp.</i>		0	0	2
Total		60	66	60

**Porcentajes de ninfas sanas, enfermas y mortalidad en los tratamientos con hongos entomopatógenos**

En la tabla 3, se muestran los promedios obtenidos al evaluar el número de ninfas en estadio 1 sanas por unidad experimental, expresadas en porcentaje, a las 24 h, después del tratamiento. Se conformaron tres grupos con diferencias altamente significativas. El mayor promedio de ninfas sanas lo tuvo T5 (Testigo), seguido por T4 (Bionema) con porcentajes de 100 y 87.50, luego estuvieron los tratamientos 2 (Micosplag wp) y 1 (*Beauveria bassiana*), con 57.50 y 50.00 %, mientras el tratamiento que resultó más eficiente fue Phytosect, con 32.57 % de ninfas sanas. A las 48 h, el testigo mostró 75 % de ninfas sanas, Bionema 58.75 %, Micosplag wp y *B. bassiana* con 33.75 y 33.75 % y con Phytosect se obtiene el valor más bajo de 3.75 %.

**Percentages of healthy and diseased nymphs and mortality in treatments with entomopathogenic fungi.**

Table 3 shows the averages obtained when evaluating the number of healthy nymphs in instar1 per experimental unit, expressed as a percentage, at 24 h, after treatment. Three groups were formed with highly significant differences. The highest average of healthy nymphs was T5 (Control), followed by T4 (Bionema) with percentages of 100 and 87.50, then there were treatments 2 (Micosplag wp) and 1 (*Beauveria bassiana*), with 57.50 and 50.00%, while the most efficient treatment was Phytosect, with 32.57% of healthy nymphs. At 48 h, the control showed 75% healthy nymphs, Bionema 58.75%, Micosplag wp and *B. bassiana* with 33.75 and 33.75% and with Phytosect the lowest value of 3.75% was obtained.

**Tabla 3. Promedios (%) de ninfas sanas por unidad experimental a las 24 y 48 h**  
**Table 3. Averages (%) of healthy nymphs per experimental unit at 24 and 48 h**

N°	Tratamientos	Promedios 24 h (%)	Promedios 48 h (%)
5	Testigo	100.00% <sup>a</sup>	75.00% <sup>a</sup>
4	Bionema	87.50% <sup>a</sup>	58.75% <sup>b</sup>
2	Micoplág wp	57.50% <sup>b</sup>	33.75% <sup>c</sup>
1	<i>Beauveria bassiana</i>	50.00% <sup>b</sup>	30.00% <sup>c</sup>
3	Phytosect	32.50% <sup>c</sup>	3.75% <sup>d</sup>

Medias con la misma letra no difieren significativamente ( $p > 0,05$ ). Comparaciones de medias realizadas con la Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

En la tabla 4, se muestran los promedios obtenidos al evaluar el número de ninfas en instar1 enfermas por unidad experimental, expresados en porcentaje a las 24 h, de acuerdo con el análisis de la varianza se encontró significancia estadística entre los tres grupos formados. El mayor promedio de ninfas enfermas lo tuvo el tratamiento T3 con 61.25%, mientras que el promedio de 41.25 y 36.25 % fue para T4 y T2, y en el testigo no hubo ninfas enfermas. A las 48 h, según el análisis de la varianza se encontró significancia estadística, el mayor promedio de ninfas enfermas lo continuó teniendo T3 con 93.75%, T4 y T2 con 67.50 y 62.50 % respectivamente, y T1 con 36.25 %, mientras el testigo con agua destilada fue el promedio más bajo con 22.50%. A las 72 h (tabla 5) se logró el mayor porcentajes de mortalidad (96.25%) en el tratamiento 3, con significancia con respecto a los demás tratamientos, seguido por el grupo de los tratamientos T1 y T2, con 73.75 y 71.25%, respectivamente, el tratamiento 4 con 45% y el testigo con 31.25 %.

Table 4 shows the averages obtained when evaluating the number of diseased nymphs in instar1 per experimental unit, expressed as a percentage at 24 h after treatment. According to the analysis of variance, statistical significance was found among the three groups formed. The highest average number of diseased nymphs was treated with T3 with 61.25%, while the average of 41.25 and 36.25% was for T4 and T2, and there were no diseased nymphs in the control. At 48 h, according to the analysis of variance, statistical significance was found. The highest average of diseased nymphs continued to have T3 with 93.75%, T4 and T2 with 67.50 and 62.50% respectively, and T1 with 36.25%, while the control with distilled water was the lowest average with 22.50%. At 72 h (Table 5), the highest percentages of mortality (96.25%) were achieved in treatment 3, with significance with respect to the other treatments, followed by the group of treatments T1 and T2, with 73.75 and 71.25%, respectively, treatment 4 with 45% and the control with 31.25%.

**Tabla 5. Porcentajes de mortalidad de ninfas por unidad experimental, a las 72h después del tratamiento**

**Table 5. Percentages of mortality of nymphs per experimental unit 72h after treatment**

No	Tratamientos	Promedios
3	Phytosect	96.25% <i>a</i>
1	<i>Beauveria bassiana</i>	73.75% <i>b</i>
2	Micosplág wp	71.25% <i>b</i>
4	Bionema	45.00% <i>c</i>
5	Testigo	31.25% <i>d</i>

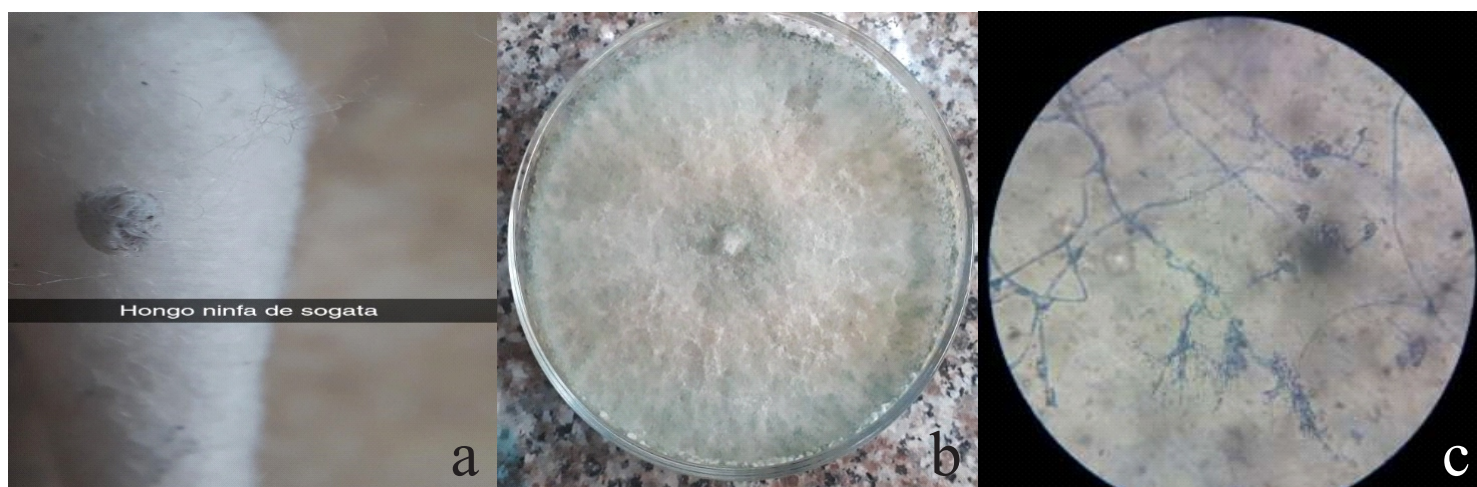
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Comparaciones de medias realizadas con la Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

### Aislamiento e identificación del hongo entomopatógeno obtenido a partir de adultos de sogata capturados de las trampas amarillas colocadas en el campo

Las características de los hongos aislados de las muestras de los adultos momificados fueron las siguientes: se produjeron colonias color blanco en los medios de cultivos contentivos de PDA, que luego se tornaban rosadas y posteriormente verde oscuras cuando esporulaban. Al observar las estructuras fúngicas al microscopio óptico se observaron en todos los casos, los micelios septados, los conidióforos y conidias características del hongo *Metarhizium* sp. Como se muestra en la figura 1.

### Isolation and identification of the entomopathogenic fungi obtained from adult sogata captured from yellow traps placed in the field

The characteristics of the fungi isolated from the samples of mummified adults were as follows: white colonies were produced in the PDA-containing culture media, which next turned pink and later dark green when sporulated. When the fungal structures were observed in preparations made from pure cultures, using the light microscope, in all cases, mycelia with septa, conidiophores and conidia characteristic of the fungus *Metarhizium* sp. were described, as shown in figure 1.



**Figura 1.** Captura, aislamiento e identificación del hongo *Metarhizium* sp parasitando a sogata. A. Insecto adulto de sogata momificado por el hongo (Se indica con la flecha); b. Colonia del hongo en medio de cultivo PDA, a los 10 dds; c. Características de las hifas y conidias del hongo aislado, observadas en el microscopio óptico, teñidas con azul de anilina, a 400x de magnificación.

**Figure 1.** Capture, isolation and identification of the *Metarhizium* sp fungus parasitizing sogata. A. Adult sogata insect mummified by the fungus (indicated by the arrow); b. Colony of the fungus in PDA culture medium, at 10 days after culture; c. Characteristics of the hyphae and conidia of the isolated fungus, observed in the light microscope, stained with aniline blue, at 400x magnification.

## Discusión

En lo que respecta a la presencia de sogata, otros insectos y arácnidos en las trampas ubicadas en una plantación comercial de arroz, se pudo comprobar que el número de adultos de sogata fue mayor con respecto a otros insectos plagas y benéficos. Se observó la presencia de insectos plagas a lo largo del cultivo, prevaleciendo la sogata en las tres colectas. Estos resultados están acorde con los señalados por Obregón *et al.* (2021) y Vivas *et al.*, (2017), en Colombia y Venezuela, respectivamente, quienes usando redes entomológicas y trampas de luz encontraron que la plaga más abundante e importante en el cultivo del arroz fue *T. orizicolus*, y que se presentaron leves fluctuaciones a lo largo del cultivo, sin darse una asociación fuerte con alguna fase fenológica particular. Los otros insectos plagas capturados en las trampas, tales como, la novia del arroz *Rupela albinella* y los chinches del género *Oebalus* sp. son también considerados principales en el cultivo del arroz. Sin embargo, se señala más perjudicial la sogata por los dos tipos de daño que inflige al cultivo: en primer lugar el daño mecánico al alimentarse y colocar los huevos, y por ser el único insecto capaz de transmitir VHB, pudiendo causar daños extremos hasta el 100% en las variedades susceptibles (Obregón *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2018; Vivas *et al.*, 2017).

En la mayoría de los casos, el control de la sogata se realiza mediante químicos a base de ingredientes activos como Clothianidin, Thiamethoxam e Imidacloprid, insecticidas sistémicos de espectro amplio (Vivas *et al.*, 2009). Las aplicaciones excesivas, además de la poca rotación de las sustancias químicas con diferentes modos de acción hacen que la plaga se haga resistente a los productos químicos y se aumenten los costos de producción. Aunado a eso, existe poco conocimiento del uso de parasitoides, depredadores y entomopatógenos, como controladores eficientes de esta plaga. Se han observado las especies de Coccinellidae, *Tetragnatha* y *Trathala* depredando insectos plagas en el cultivo del arroz, entre los que se citan, *T. orizicolus*, *R. albinella* y *O. insularis* (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010; Vivas y Astrudillo, 2017). Entre los hongos entomológicos más usados para el control de sogata se han citado a *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Meneses, 2008; Morales y Jennings, 2010). Esta información está en concordancia con los resultados de nuestro estudio donde se comprobó que el producto Phytosect a base de la mezcla de *Beauveria bassiana*, *Metharhizium anisopliae* y

## Discussion

Regarding the presence of sogata, other insects and arachnids in the traps located in a rice commercial plantation, it was found that the number of adults of sogata was higher than other pests and beneficial insects and arachnids. The presence of pest insects was observed throughout the crop, with sogata prevailing in the three captures made. These results are in agreement with those indicated by Obregón *et al.*, (2021) and Vivas *et al.* (2017), in Colombia and Venezuela, respectively, who using entomological nets and light traps, found that the most abundant and important pest species in rice crops was *T. orizicolus*, and that there were slight fluctuations throughout the cultivation, without a strong association with any particular phenological phase. The other insect pests captured in the traps, such as, the white borer of rice *Rupela albinella* and the rice stink bug of the genus *Oebalus* sp. are also considered important in the cultivation of rice. However, sogata is cited as most harmful due to the two types of damage it inflicts on the crop: firstly, the mechanical damage when feeding and laying the eggs, and because it is the only insect capable of transmitting RHBV, and can cause extreme damage up to 100 % in susceptible varieties (Obregón *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2018; Vivas *et al.* 2017).

In most cases, sogata control is carried out by using chemicals based on active ingredients such as Clothianidin, Thiamethoxam and Imidacloprid, broad spectrum systemic insecticides (Vivas *et al.*, 2009). Excessive applications, in addition to the low turnover of chemicals with different modes of action, make the pest resistant to chemicals and increase production costs. In addition to this, there is little knowledge of the use of parasitoids, predators and entomopathogens as efficient controllers of this pest. Among the entomological fungi most used to control sogata, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* have been cited (Meneses, 2008; Morales and Jennings, 2010). This information is in agreement with the results of our study where it was found that the Phytosect, product based on the mixture of *Beauveria bassiana*, *Metharhizium anisopliae* and *Verticillium lecanii* in the dose 2 Kg.ha<sup>-1</sup> was more efficient than *Beauveria bassiana* alone in the doses 5 L.ha<sup>-1</sup> or combined with the fungus *Paecilomyces lilacinus*, and the combination *Paecilomyces lilacinus* and *Burkholderia cepacea* in the dose 150 g.ha<sup>-1</sup> was the least efficient.

The capture of sogata adults infected with *Metarhizium*

*Verticillium lecanii* en la dosis 2 Kg.ha<sup>-1</sup> resultó más eficiente que *Beauveria bassiana* sola en la dosis 5 L.ha<sup>-1</sup> o combinados con el hongo *Paecilomyces lilacinus*, y la combinación *Paecilomyces lilacinus* y *Burkholderia cepacea* en la dosis 150 g.ha<sup>-1</sup> resultó la menos eficiente.

La captura de adultos de sogata infectados con *Metarhizium* sp. se considera importante, debido que a partir de esas muestras se podría disponer de cepas locales biocontroladoras, posiblemente más compatibles a los agroquímicos utilizados comúnmente en las siembras de arroz, en lugar de utilizar productos biológicos comerciales. Aislamientos de este hongo entomopatógeno son utilizados para el control de plagas de cultivos, incluyendo sogata (González *et al.*, 2012a; Carballo *et al.*, 2004), y se ha demostrado que aplicaciones sucesivas de *Metarhizium anisopliae* inducen patogenicidad en otros insectos, que han resultado susceptibles, tales como los chinches *Tibraca* sp. Y *Oebalus poecilus*, y los coleópteros *Lissorhoptrus oryzophilus* y *Eutheola bidentata* (Peñaranda *et al.*, 1999; Rampoldi, 2017). De igual manera, se ha determinado el control de cepas de *Beauveria bassiana* sobre *Oebalus poecilus* (Rampoldi, 2017).

### Conclusiones

Se logró determinar la presencia y mayor abundancia de sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) en todas las fases muestreadas en un cultivo comercial de arroz, en comparación con la de otros insectos plagas, e igualmente hubo presencia de enemigos naturales benéficos pero en menor cuantía, incluyendo insectos (Coccinellidae, *Trathala* sp.), arácnidos (*Tetragnatha* sp.) y el hongo *Metarhizium* sp. parasitando a sogata.

El producto a base de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii* en la dosis de 2 kg. Ha<sup>-1</sup> resultó el tratamiento más eficiente en el control de las ninfas en instar1 hasta 48 horas, seguido por el tratamiento *Beauveria bassiana* en la dosis 5 L.ha<sup>-1</sup>, por tal motivo se pueden recomendar como alternativas en sustitución o en combinación con productos químicos selectivos (a baja concentración) para ensayos de campo.

Para la implementación de los programas de manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz, se debe considerar el uso de hongos entomopatógenos, y su posible combinación con depredadores, parasitoides o insecticidas selectivos a menores concentraciones,

sp. is considered important, because from these samples, local biocontrolling strains could be available, possibly more compatible with the agrochemicals commonly used in rice crops, instead of using commercial biological products. Isolates of this entomopathogenic fungus are used to control crop pests, including sogata (González *et al.*, 2012a; Carballo *et al.*, 2004), and it has been shown that successive applications of *Metarhizium anisopliae* induce pathogenicity in other insects, which have been susceptible, such as the *Tibraca* sp. and *Oebalus poecilus*, and the coleoptera *Lissorhoptrus oryzophilus* and *Eutheola bidentata* (Peñaranda *et al.*, 1999; Rampoldi, 2017). Similarly, the control of *Beauveria bassiana* strains on *Oebalus poecilus* has been determined (Rampoldi, 2017).

### Conclusions

It was possible to determine the presence and greater abundance of sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) in all the phases sampled in a commercial rice crop, in comparison with that of other insect pests, and there was also the presence of beneficial natural enemies but to a lesser extent, including insects (Coccinellidae, *Trathala* sp.), arachnids (*Tetragnatha* sp.) and the fungus *Metarhizium* sp. parasitizing sogata.

The product based on *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Verticillium lecanii* in a dose of 2 kg. ha<sup>-1</sup> was the most efficient treatment in the control of nymphs in instar1 up to 48 hours, followed by *Beauveria bassiana* treatment in the dose 5 L. ha<sup>-1</sup>, for this reason they can be recommended as alternatives in substitution or in combination with selective chemicals (at low concentration) for field trials.

For the implementation of integrated pest management programs in rice cultivation, the use of entomopathogenic fungi, and their possible combination with predators, parasitoids or selective insecticides at lower concentrations, should be considered as one of the techniques to reduce levels. infestation of sogata and other insect pests.

### Interest conflict

The authors declare that they have no conflicts of interest.

como una de las técnicas para reducir los niveles de infestación de sogata y otros insectos dañinos.

### Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

### Referencias

- Barnett, H. & Hunter, B., 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th. Ed. New York. Burgess Pub. Co., pp 76, 196. ISBN 10: 0808702661
- Castillo, P., Nole, I., Calle, P., Silva, J., 2017. Parasitoides de la cigarrita marrón *Tagosodes orizicolus* Muir (Hemiptera: Delphacidae), insecto plaga del cultivo del arroz. *Manglar*, 18(2), pp. 149-155.
- Castro, M. y Martínez, J., 2019. Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con *Chrysoperla externa* depredador de *Trialeurodes vaporariorum*. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, 35(1), pp. 38-48.
- Carballo, M., Hidalgo, E., y Rodríguez, A., 2004. Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos. En: Control biológico de plagas agrícolas. Carballo, M. y Guaharay, F. (Eds). Nicaragua: CATIE, pp. 33-58. ISBN 99924-0-316-0
- FAO. FAOSTAT, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- González, M., Aguilar, C., Rodríguez, R., 2012a. Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: *Retos y perspectivas*. *Acta Química Mexicana*, 4(8), pp. 42-55.
- González, A., Labrín, N., Álvarez, R. M., Jayaro, Y., Gamboa, C., Reyes, E., y Barrientos, V., 2012b. Mechanisms of *Oryza sativa* (Poaceae) resistance to *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) under greenhouse condition in Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 60(1), pp. 105-117. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003477442012000100007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442012000100007&lng=en&nrm=iso)
- InfoStat, 2004. InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Cordova, Argentina. 200 p.
- INEC, 2011. *República del Ecuador, III Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado el 09 de 02 de 2018, de Arroz: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- IRRI, 2002. Reference Guide-Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute.
- Lavanya, D. & Matti, P., 2020. Compatibility of entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* with pesticides. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 9(2), pp. 714-721.
- MAGAP, 2019. Ficha del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L).
- MAGAP, 2020. Informe de rendimiento de arroz en cáscara.
- Mariani, R. y de Remes, M., 2001. *Tagosodes orizicolus* (Muir, 1926) vector del "virus de la hoja blanca del arroz" (HBV) en la República Argentina (Homoptera-Delphacidae). *Rev. Fac. Agron. La Plata*, 104(2), pp. 151-156.
- Meneses, R., 2008. Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del arroz, Cuba. pp. 4-28. N° 716-2008
- Morales, F., & Jennings, P., 2010. Rice hoja blanca: a complex plant-virus-vector pathosystem. *Cab Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 5, 1-16.
- Mota, P. y Murcia, B., 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico. *Rev. Ambiente & Agua*, 6(2), pp. 77-90.
- Nussenbaum, A., 2014. Aislamiento de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* virulentos para el control del picudo del algodón, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires.
- Obregón, D., Hernández, F., y Rios, D., 2021. Efecto de los factores climáticos, variedades y densidades de siembra en la dinámica de artrópodos en cultivos de arroz en Yopal- Casanare, Colombia. *Revista Colombiana de*



*Entomología* 47 (1), e9364.

- Peñaranda, V., Higuera, O., Bastidas, H., Hernández, P., y Reyes, L., 1999. Manejo integrado de sogata (*Tagosodes orizicolus*) Muir en el cultivo del arroz en los llanos orientales. Federación Nacional de Arroceros - Fedearroz.
- Pérez, H. y Rodríguez, I., 2019. Manejo integrado de los principales insectos –plaga que afectan el cultivo de arroz en el Ecuador. *IOSRJEN*, 9 (5), pp. 53-61.
- Rampoldi, A., 2017. Control microbiano de la chinche de la panoja del arroz: *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851), mediante el empleo de hongos entomopatógenos. Tesis de Magister. Universidad de Buenos Aires.
- Rodríguez, I., Pérez, H. y Socorro, A., 2018. Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), pp. 95-107. .
- Velásquez, R., Urdaneta, L., y Delgado, N., 2013. Resistencia a sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir) por antibiosis y antixenosis en cultivares de arroz venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (UCV)*, 39 (3), pp. 144-150. Integrado/Competencia3/Separatas01/Resistencia\_a\_sogata\_\_Tagosodes\_orizicolus\_Muir\_\_por\_antibiosis.pdf
- Vivas, L., Astudillo, D., y Campos, L., 2009. Evaluación del insecticida thiamethoxam 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo vo de arroz en calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 59(1), pp. 89-98. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2009000100009&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000100009&lng=es&tlng=es)
- Vivas, L., e Intriago, D., 2012. Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo del arroz en Ecuador. Yaguachi, Ec. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias: Estación Experimental Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja. Boletín divulgativo N° 426. 12 p.
- Vivas, L., y Astudillo, D., 2017. Cuatro especies de arácnidos (Arachnida: Araneae) en arrozales de Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. *Journal of the Selva Andina Biosph.*, 5 (2), pp. 116-123. <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsab.2017.050200116>
- Vivas, L., Astudillo, D., y Monasterio, P., 2017. Fluctuación poblacional del insecto sogata, *Tagosodes orizicolus* empleando una trampa de luz y su relación con variables climáticas en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. *Journal of the Selva Andina Biosph.*, 5 (2), pp. 70 - 79 . [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-8592017000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-8592017000200002&lng=es&tlng=es)