

**EDICIÓN**  
LANZAMIENTO

**agros**

**INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL**

AÑO 2024

VOL 1 - NÚM 1



**Universidad Nacional de Itapúa**  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales



## **AGROS: Investigación Agropecuaria y Forestal**

Universidad Nacional de Itapúa

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales

<https://revistas.uni.edu.py/index.php/agros>

[agros@facaf.uni.edu.py](mailto:agros@facaf.uni.edu.py)

*Creada por Resolución del Consejo Directivo de*

*la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales*

**INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL**  
N° 33 del 17 de mayo de 2024.



Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales  
Universidad Nacional de Itapúa  
Volumen 1, Número 1 – 2024

### **Equipo Editorial**

**Julio Ysmael Rodas Balmaceda**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Forestales – Paraguay  
Director

**María Rosa Servín Nasich**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Forestales – Paraguay  
Editora en Jefe

**Herminia Manuela Arriola**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Forestales - Paraguay  
Secretaria Editorial

### **Asesores Científicos**

**Marlene Adelaida Candia Sosa**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y  
Forestales  
Paraguay

**Edith Jacqueline Velázquez Haurón**  
Universidad Autónoma de Encarnación  
Paraguay

**Sarah Ann Torhan**  
Penn State University  
Estados Unidos

### **Equipo de Apoyo Técnico y Administrativo**

**Cyntia Gabriela Escobar**  
**Diana Patricia Miranda**  
**Raquel María Natividad Vigo Garay**  
**Reinaldo Cardozo Barboza**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales  
Paraguay

**Alicia Raquel Eisenkölbl Closs**  
Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción  
Paraguay

**Fernando Ariel Morel Monges**  
Universidad Politécnica de Madrid  
España

## Comité Científico

- Bianca Herenia Margarita Franco Salinas**  
Asociación Pro Cordillera San Rafael  
Paraguay
- Héctor David Nakayama Nakashima**  
Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Carlos Javier Villalba Martínez**  
Universidad Nacional de Caaguazú  
Paraguay
- Guillermo Andres Enciso Maldonado**  
Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción  
Paraguay
- Víctor Ramón González Caballero**  
Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción  
Paraguay
- Maura Isabel Díaz Lezcano**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Aldo Andrés Ortiz Alfonso**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Paraguay
- José Arturo Schlickmann Tank**  
Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción  
Paraguay
- Edilia Ramírez Haedo**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Paraguay
- Lorena Nuñez Yegros**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Edgar Orlando Ortiz Acosta**  
Universidad Nacional del Este  
Paraguay
- Marco Maidana Ojeda**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Paraguay
- María Magdalena Busto Saldivar**  
Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria  
Paraguay
- Cinthia Carolina Cazal Martínez**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Emilia Estefania Villalba Morinigo**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Paraguay
- Andrea Alejandra Arrúa**  
Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Juan José Bonnin**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Alicia Raquel Eisenkölbl Closs**  
Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción  
Paraguay
- Cristhian Javier Grabowski Ocampos**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Carlos Roberto Wlosek Stañgret**  
Universidad Nacional de Itapúa  
Paraguay
- Jorge Daniel Caballero Mascheroni**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Angel Manuel Benítez Rodríguez**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Antonio Samudio Oggero**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Cristian Andrés Britos Benítez**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Angel Ramón Peña Cardozo**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Jimmy Walter Rasche Álvarez**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Claudia Carolina Cabral Antúnez**  
Universidad Nacional de Asunción  
Paraguay
- Fernando Ariel Morel Monges**  
Universidad Politécnica de Madrid  
España
- Diana Erica Gómez**  
Universidad Nacional del Chaco Austral  
Argentina
- Kentaro Tomita**  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Argentina
- Alejandra Betancur Sánchez**  
Universidad Nacional de Colombia  
Colombia

## Contenido

<b>Mensaje del Director de la Revista AGROS.....</b>	<b>1</b>
<b>Respuesta del rendimiento de soja a diferentes fungicidas en Misiones, Paraguay .....</b>	<b>2</b>
Resumen .....	2
Abstract.....	2
1.    Introducción .....	3
2.    Materiales y Métodos.....	3
3.    Resultados y Discusión.....	4
4.    Conclusiones.....	9
5.    Agradecimientos.....	9
6.    Aspectos éticos .....	9
7.    Conflictos de interés .....	9
8.    Referencias .....	9
<b>Un Marco para Medir la Inseguridad Hídrica de los Hogares en Paraguay: Implementación Inicial de la Encuesta HWISE en General Artigas y Alto Verá, Itapúa. 11</b>	
Resumen .....	11
Abstract.....	11
1.    Introducción .....	12
1.1.    La inseguridad hídrica en Paraguay .....	12
1.2.    La escala de experiencias de inseguridad hídrica en los hogares (HWISE, por sus siglas en inglés) .....	14
1.3.    Objetivos de Investigación .....	16
2.    Materiales y Métodos.....	16
3.    Resultados y Discusión.....	19
3.1.    La inseguridad hídrica a nivel de los hogares varía entre distritos y comunidades, así como dentro de las comunidades.....	19
3.2.    Para avanzar hacia el ODS 6.6.1, las comunidades rurales de Paraguay necesitan mayor apoyo para mejorar la infraestructura eléctrica, abordar las roturas de cañería a lo largo de las caminos y calles y mantener los sistemas envejecidos.....	20
4.    Conclusiones.....	21
5.    Agradecimientos.....	22
6.    Financiamiento .....	22
7.    Aspectos éticos .....	22

8.	Conflictos de interés .....	23
9.	Referencias .....	23

**Los baculovirus como modificadores del comportamiento depredador de las larvas de *Chrysoperla carnea*. .... 27**

	Resumen .....	27
	Abstract.....	27
1.	Introducción .....	28
2.	Materiales y Métodos.....	28
2.1.	Localización de la investigación y materiales biológicos utilizados .....	28
2.2	Bioensayo de elección entre larvas no infectadas e infectadas de <i>S. exigua</i> con SeMNPV 3 d.p.i. ....	29
2.3.	Bioensayo de elección con presa alternativa .....	30
2.4.	Análisis estadísticos.....	30
3.	Resultados y Discusión.....	30
3.1.	Bioensayo de elección entre larvas no infectadas e infectadas de <i>S. exigua</i> por parte de larvas L3 de <i>C. carnea</i> .....	30
3.2.	Bioensayo de elección entre larvas infectadas de <i>S. exigua</i> y <i>M. euphorbiae</i> .....	32
3.3.	Bioensayo de Elección entre larvas no infectadas de <i>S. exigua</i> y <i>M. euphorbiae</i> .....	33
4.	Conclusiones.....	34
5.	Agradecimientos.....	34
6.	Financiamiento .....	34
7.	Aspectos éticos .....	34
8.	Conflictos de interés .....	34
9.	Referencias .....	34

## Mensaje del Director de la Revista AGROS



A la comunidad académica y científica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales:

Es un honor dirigirme a ustedes en este momento tan significativo para nuestra facultad, que celebra 20 años de vida institucional. En el marco de este aniversario, me complace anunciar el lanzamiento de la edición inaugural de nuestra Revista AGROS, un hito que marca un avance trascendental en materia de investigación científica.

Este logro representa el compromiso de nuestra comunidad con la excelencia académica y la generación de conocimiento, cumpliendo con los criterios de una editorial científica de calidad. Cada artículo publicado en esta edición refleja el arduo trabajo y la dedicación de los autores, quienes han compartido sus investigaciones y contribuciones con el objetivo de enriquecer el campo agropecuario y forestal.

Asimismo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los correctores y a todas las personas que, desde sus diversas áreas de trabajo, han hecho posible la concreción de este anhelado proyecto. Su esfuerzo y profesionalismo han sido fundamentales para alcanzar este objetivo y para establecer un precedente que guiará el futuro de nuestra revista.

Confiamos en que la Revista AGROS se convierta en un espacio de referencia para la difusión científica y en una plataforma que impulse la interacción entre académicos, investigadores y profesionales, fortaleciendo el vínculo entre nuestra facultad y la comunidad científica a nivel nacional e internacional.

A todos ustedes, mi gratitud y felicitaciones por ser parte de este logro histórico.

Atentamente,

*Ing. Agrop. Julio Rodas Balmaceda*

## Respuesta del rendimiento de soja a diferentes fungicidas en Misiones, Paraguay

### Soybean yield in response to different fungicides in Misiones, Paraguay

Octavio Jesús Gómez-Vega<sup>1</sup>, Lucas Iván Giménez-Fernández<sup>1</sup>, Gian Franco González-Stolle<sup>1</sup>, César Rafael Cabrera-Figueroa<sup>2</sup>, María Florencia Bigler-Vazquez<sup>1</sup>, Horacio D. Lopez-Nicora<sup>3</sup>, Guillermo A. Enciso-Maldonado<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” Unidad Pedagógica Hohenau, Itapúa, Paraguay.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Itapúa, Itapúa, Paraguay

<sup>3</sup> The Ohio State University, Department of Plant Pathology, Columbus, OH, USA

\*Autor correspondiente: guillermo.enciso@uc.edu.py

#### Resumen

En Paraguay, la soja es esencial para la economía agrícola, destacando la región de Misiones con 62.966 hectáreas cultivadas en la campaña 2023/2024. Este estudio evaluó nueve fungicidas comerciales y un testigo, comparando su impacto en el rendimiento de la soja durante dos épocas de siembra (octubre y diciembre de 2023). El experimento, realizado en Santa Rosa con la variedad M 5947 IPRO, siguió un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, aplicando los tratamientos tres veces por época. Las condiciones climáticas, con precipitaciones esporádicas y temperaturas superiores a 30°C, limitaron el desarrollo de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), ya que las severidades iniciales ( $\leq 1\%$ ) no progresaron debido a la falta de humedad y películas de agua. Los resultados mostraron que el rendimiento varió significativamente entre fungicidas y épocas de siembra. La primera época (2.382 kg/ha) fue más productiva que la segunda (1915 kg\*ha<sup>-1</sup>), destacándose el tratamiento T2 (Picoxistrobina 10,25% + Benzovindiflupir 5.13%) con el mayor rendimiento (3.440 kg\*ha<sup>-1</sup>). En contraste, el testigo (T1) presentó el rendimiento más bajo (1.169 kg/ha), una reducción del 59%. Los tratamientos T9 y T6 también mostraron buenos rendimientos, pero su efectividad dependió de la época de siembra. Los hallazgos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente los fungicidas y las épocas de aplicación para optimizar el rendimiento, coincidiendo con otros estudios en Paraguay que enfatizan la interacción entre el clima y el manejo fitosanitario en la soja.

**Palabras clave:** *Glycine max*, control químico, fungicidas.

#### Abstract

In Paraguay, soybeans are a key component of the agricultural economy, with the Misiones region seeing significant growth in cultivation, reaching 62,966 hectares in the 2023/2024 season. This study evaluated nine commercial fungicides and a control, comparing their impact on soybean yield during two planting seasons (October and December 2023). Conducted in Santa Rosa with the M 5947 IPRO variety, the experiment followed a randomized complete block design with four replications. Treatments were applied three times per season, and the incidence of diseases and yield were measured. Unfavorable climatic conditions, including sporadic rainfall and temperatures above 30°C, limited the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Initial disease severity ( $\leq 1\%$ ) did not progress due to the lack of moisture needed for spore germination. Results revealed significant yield differences among fungicides, with the first planting season (2,382 kg/ha) yielding more than the second (1,915 kg/ha). Treatment T2 (Picoxystrobin 10.25% + Benzovindiflupir 5.13%) achieved the highest yield (3440 kg/ha), while the control (T1) had the lowest yield (1,169 kg/ha), showing a 59% reduction. Treatments T9 and T6 also resulted in high yields, but their effectiveness varied by planting season. These findings emphasize the importance of selecting the right fungicides and planting times to optimize yields. Similar results have been reported in other studies in Paraguay, underscoring the role of climate and phytosanitary management in soybean performance.

**Key Words:** *Glycine max*, chemical control, fungicides.

## 1. Introducción

El cultivo de soja (*Glycine max*) en Paraguay constituye uno de los pilares fundamentales de la economía agraria del país, destacándose por su significativa contribución a la producción agrícola y a las exportaciones nacionales (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, 2024). La región de Misiones, con su clima y condiciones edáficas particulares, presenta desafíos específicos que influyen en la sanidad y productividad del cultivo de soja, el cual ha aumentado su superficie de producción en el departamento, con estimaciones de 62.966 hectáreas para la campaña 2023/2024 (Instituto de Biotecnología Agrícola, 2023).

Varios factores limitan la producción de la soja, de entre los cuales las enfermedades fúngicas, incluidas la roya asiática de la soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, y la mancha marrón, causada por *Septoria glycines*, entre otras, representan limitantes significativas que pueden reducir dramáticamente el rendimiento y la calidad del cultivo (Hartman, et al., 2016; Lima Da Silva, 2019; Williams y Nyvall, 1980). La importancia de estas enfermedades puede variar cada año y de un lugar a otro, siendo influenciada por las condiciones ambientales, las variedades seleccionadas y las prácticas de manejo (Mueller, et al., 2016).

Estas enfermedades se manejan predominantemente mediante control químico. Se ha descrito que la mayoría de los productores selecciona un fungicida basándose en su ingrediente activo, y a menudo se enfrenta a la pérdida de eficacia de los productos. La falta de conocimiento sobre técnicas biológicas de manejo y la escasa aplicación del manejo integrado de enfermedades son problemas destacados (Caballero-Mairesse, et al., 2024). Además, la eficacia de los diferentes productos y su impacto sobre el rendimiento del cultivo puede variar considerablemente (Barro, et al., 2021; Bohner, 2015; Enciso, et al., 2022).

Este estudio busca evaluar la respuesta del rendimiento de soja a la aplicación de diferentes fungicidas en la región de Misiones, Paraguay. Este enfoque no solo permite identificar los productos más eficientes bajo condiciones específicas, sino también contribuir a la generación de prácticas de manejo integrado de enfermedades que optimicen tanto el control de patógenos como la rentabilidad del cultivo (Hossain, et al., 2024; Langenbach, et al., 2016).

Es fundamental destacar que hasta la fecha no se han realizado estudios previos sobre la efectividad de fungicidas en el departamento de Misiones, lo que convierte a este trabajo en un antecedente crucial para futuras investigaciones y decisiones agronómicas en la región.

## 2. Materiales y Métodos

Este estudio se llevó a cabo en Santa Rosa, Departamento de Misiones, Paraguay, específicamente en el km 265 de la Ruta PY01, utilizando la variedad de soja M 5947 IPRO. Se evaluaron 10 fungicidas comerciales junto con un testigo, en dos diferentes fechas de siembra. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, aplicando un arreglo factorial 2x4. La siembra en la primera época se realizó el 20 de octubre de 2023 y en la segunda el 1 de diciembre de 2023.

Cada unidad experimental consistió en cinco hileras espaciadas a 0,45 m, sembrando 15 semillas por metro lineal. Se definió un área útil de 4,05 m<sup>2</sup> por unidad para la evaluación,

excluyendo 1 m de cada extremo y una hilera por cada lado de la unidad experimental. Los tratamientos se detallan en la tabla 1:

**Tabla 1**

Tratamientos, productos, ingrediente activo y dosis ha<sup>-1</sup>.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (cc/ha)
T1		
T2	Picoxistrobina 10,25 % + Benzovindiflupir 5,13 %	600
T3	Picoxistrobina 9 % + Ciproconazole 4 %	600
T4	Trifloxistrobina 37,5 % + Ciproconazole 16 %	150
T5	Protioconazole 24,0 % + Inpyrfluxam 12,0 %	350
T6	Benzovindiflupyr 7,5 % + Protioconazole 15 %	450
T7	Picoxistrobina 10 % + Protioconazole 11,67 %	600
T8	Fluxapyroxad 5% + Epoxyconazole 5% + Piraclostrobina 8,1%	800
T9	Bixafen 12,5 % + Protioconazole 17,5 % + Trifloxistrobina 15 %	500
T10	Ciproconazole 15% + Difenconazole 25 %	300

La aplicación de los tratamientos se realizó utilizando una pulverizadora de mochila presurizada con CO<sub>2</sub> a 3 bar, moviéndose a una velocidad de 5 km h<sup>-1</sup>, iniciando las aplicaciones al detectar la enfermedad con una severidad menor al 1,0 %. Se llevaron a cabo tres aplicaciones en total. En la primera época, las aplicaciones se realizaron a los 50, 65 y 80 días después de la emergencia, mientras que, en la segunda época, las aplicaciones se realizaron a los 40, 58 y 73 días después de la emergencia.

Para monitorear las enfermedades presentes, se realizaron evaluaciones a los 15 días después de cada aplicación. Para la evaluación, se recolectaron aleatoriamente 10 hojas del estrato medio en zigzag y se compararon con la escala diagramática de roya asiática de la soja, propuesta por Godoy, Koga y Canteri (2006), que define seis niveles de severidad desde 0,6 a 78,5%.

Finalmente, el rendimiento se determinó cosechando manualmente todas las plantas del área útil de cada unidad experimental, estas fueron retiradas del campo para ser trilladas. Luego, los granos fueron pesados con una balanza de precisión, y el peso se ajustó a 13% de humedad. Posteriormente, se tomaron 3 submuestras de 1.000 granos de cada unidad experimental, fueron pesadas y promediadas para obtener el valor del peso de mil granos. Por último, se calculó el porcentaje de reducción en productividad comparándolo con el rendimiento medio del tratamiento más eficaz.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y, cuando existió diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, empleando el paquete estadístico de SAS 9.0.

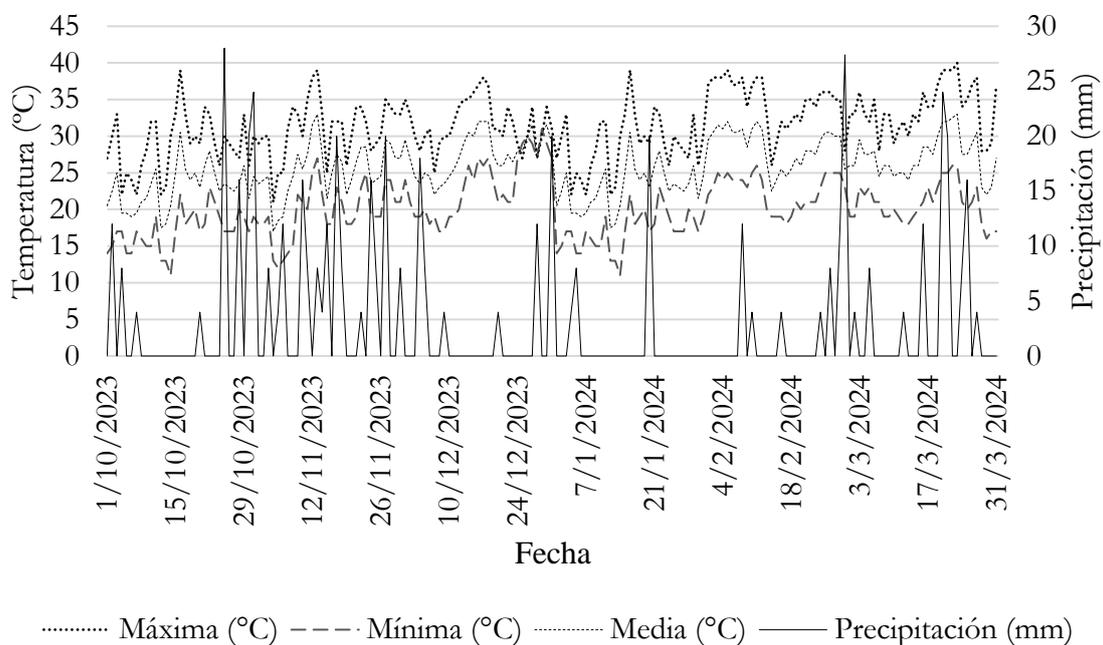
### 3. Resultados y Discusión

Durante el periodo experimental, se observó una amplia variabilidad en las temperaturas y las precipitaciones, afectando potencialmente la incidencia de enfermedades. Las aplicaciones de fungicidas comenzaron al detectar roya asiática de la soja con una severidad  $\leq 1\%$ , pero el desarrollo de la enfermedad no progresó debido a condiciones desfavorables para el patógeno en ambas épocas. El hongo *Phakopsora pachyrhizi*, el agente causal de la roya requiere alta humedad

relativa (superior al 75%) y temperaturas de 15 a 28°C para su desarrollo, ya que sus esporas necesitan una película de agua para germinar, generalmente proporcionada por lluvias o rocío. Sin embargo, los datos meteorológicos (Figura 1) mostraron períodos de baja precipitación y temperaturas frecuentemente superiores a 30°C, inadecuadas para la roya. Aunque se registraron episodios de lluvia, estos fueron esporádicos y no suficientes para mantener una humedad prolongada favorable al patógeno. Esta alternancia entre períodos secos y precipitaciones breves, junto con temperaturas elevadas, probablemente restringió la formación de la película de agua necesaria, reduciendo la posibilidad de infección y expansión de la enfermedad en los cultivos.

### Figura 1

Condiciones meteorológicas durante el periodo de estudio. Santa Rosa, Misiones, Paraguay, 2023/2024.



Por otro lado, se observó que tanto los tratamientos fungicidas, como la época de siembra y su interacción, tienen un efecto significativo en el rendimiento de la soja, lo que indica que los factores incluidos explican de manera significativa la variabilidad en los datos (Tabla 2). Mientras que el peso de 1.000 semillas solamente se vio afectado por la época. El factor fungicida mostró un efecto significativo en el rendimiento ( $p$ -valor  $< 0,0001$ ), evidenciando que la respuesta al rendimiento varía considerablemente entre los diferentes fungicidas utilizados. Por otro lado, la época de siembra también influyó significativamente en el rendimiento ( $p$ -valor  $< 0,0001$ ), subrayando cómo la efectividad de los tratamientos puede depender de la época en que se siembra la soja. Además, la interacción entre los tratamientos y las épocas de siembra fue estadísticamente significativa ( $p$ -valor = 0,0005), lo que sugiere que la eficacia de los fungicidas puede variar no solo en función del producto aplicado sino también de la fecha de aplicación. Este resultado implica que las recomendaciones para el uso de fungicidas deberían ser específicas para cada período de siembra, a fin de optimizar la efectividad en el control de enfermedades y el incremento del rendimiento.

**Tabla 2**

Resumen de valores de probabilidad para el efecto de fungicida, época y la interacción entre ambos sobre el rendimiento y el peso de 1.000 semillas de soja.

F.V.	p-valor del Rendimiento	p-valor del peso de 1.000 semillas
Fungicida	<0,0001	0,3429
Época	<0,0001	<0,0001
Fungicida*Época	0,0005	0,9828
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>19,88</b>	<b>8,40</b>

En la Tabla 3 se presentan los resultados del rendimiento y el porcentaje de reducción de la productividad con respecto al factor fungicida. El testigo presentó el rendimiento más bajo con una media de 1169,03 kg/ha y la mayor reducción de productividad (59,0%). Los tratamientos con fungicida mostraron ser más efectivos en aumentar el rendimiento, siendo el T2 el fungicida que permitió el rendimiento más alto, alcanzando 2851,5 kg/ha. Otros fungicidas como T3, T5, T6 y T9 también demostraron ser efectivos, con reducciones de productividad de 8,5% a 18,5% y rendimientos altos y tampoco difieren significativamente entre sí, lo que sugiere un patrón de respuesta variada al uso de diferentes combinaciones de ingredientes activos en los fungicidas, donde algunos fungicidas son considerablemente más eficaces que otros para mejorar el rendimiento de la soja. Los fungicidas T4, T7 y T10 mostraron una eficacia moderada con reducciones de productividad de 26,5% a 34,1% y rendimientos menores, mientras que T8 tuvo un rendimiento de 1684 Kg/ha y una reducción del 41,0%, reflejando una eficacia limitada.

La variación de respuesta del rendimiento observada en ausencia de enfermedades tiene varias posibles causas. Primero, la fitotoxicidad de algunos fungicidas puede causar daño al tejido vegetal, especialmente si se aplican bajo condiciones inapropiadas o en combinación con otros productos químicos incompatibles. Segundo, el costo de energía fisiológica podría ser un factor, ya que las plantas podrían invertir recursos en metabolizar o detoxificar el fungicida en lugar de enfocarse en el crecimiento y desarrollo. Además, condiciones ambientales adversas como temperaturas extremas o sequías pueden alterar la respuesta de las plantas al tratamiento fungicida.

**Tabla 3**

Tratamiento y rendimiento y porcentaje de reducción de la productividad para el factor fungicida.

Tratamiento	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T1	1.169 a	59,0
T2	2.852 e	0,0
T3	2.349 bcde	17,6
T4	1.878 bc	34,1
T5	2.325 bcde	18,5
T6	2.540 cde	10,9
T7	2.096 bcd	26,5

Tratamiento	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T8	1.684 b	41,0
T9	2.609 de	8,5
T10	1.976 bcd	30,7

En cuanto a la época de siembra, en la primera época se obtuvo un rendimiento significativamente mayor, con una media de 2.382 kg/ha con un peso de mil semillas de 145,8 g, en comparación con la segunda época, que alcanzó un rendimiento de 1915 kg/ha con 168,0 g de peso de mil semillas. Estos resultados sugieren que la elección de la época de siembra tiene un impacto notable en el rendimiento y en el peso de granos de la soja, siendo la primera época significativamente más productiva en este estudio, pero con menor peso de granos.

En la Tabla 4 se observan los resultados de la interacción entre fungicidas y la época de siembra, evidenciando la interacción significativa entre estos factores. Los resultados varían ampliamente tanto por fungicida como por época. Por ejemplo, los fungicidas en la primera época de siembra generalmente alcanzan rendimientos más altos en comparación con la segunda época, destacándose especialmente el fungicida T2 en la primera época con el rendimiento más alto registrado de 3.440 kg\*ha<sup>-1</sup>, seguido por el T9 en la primera época con 3.316 kg\*ha<sup>-1</sup>. En contraste, en la segunda época, los rendimientos son consistentemente más bajos, aunque hay excepciones donde algunos fungicidas como el T6 y el T2 muestran valores superiores a 2.300 kg\*ha<sup>-1</sup>. Los testigos mostraron los valores de rendimiento más bajos en ambas épocas.

**Tabla 4**

Rendimiento del cultivo y reducción de productividad con relación a las épocas de siembra y tratamientos.

Tratamiento	Época	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T1	S1	954 a	72,3
T1	S2	1.384 ab	59,8
T8	S1	1.634 abc	52,5
T4	S2	1.643 bc	52,2
T10	S2	1.733 abc	49,6
T8	S2	1865 abcd	45,8
T7	S2	1.868 abcd	45,7
T3	S2	1.885 abcd	45,2
T5	S2	1.902 abcd	44,7
T9	S2	2.029 bcd	41,0
T10	S1	2.087 bcd	39,3
T4	S1	2.114 bcde	38,6
T2	S2	2.263 bcde	34,2
T7	S1	2.331 bcde	32,2
T6	S2	2.352 bcde	31,6
T5	S1	2.622 cdef	23,8
T3	S1	2.727 cdef	20,7

Tratamiento	Época	Rendimiento (Kg/ha)	Reducción de la productividad (%)
T6	S1	2.813 def	18,2
T9	S1	3.316 ef	3,6
T2	S1	3.440 f	0,0

Los hallazgos de este estudio subrayan cómo la eficacia de los fungicidas puede variar significativamente dependiendo de la época de aplicación, con algunos tratamientos siendo mucho más efectivos en la primera época que en la segunda. También refleja la importancia de seleccionar adecuadamente tanto el fungicida como el momento de aplicación para maximizar el rendimiento de la soja. Estudios recientes han resaltado la importancia del momento de aplicación de fungicidas en soja para optimizar tanto el control de enfermedades como la respuesta de rendimiento. Por ejemplo, un estudio realizado por Iowa State University en 2020 examinó la respuesta de rendimiento de la soja a aplicaciones de fungicidas foliares en varias localidades, destacando que la respuesta al rendimiento puede ser mínima en condiciones de baja presión de enfermedades. En años secos, como fue el caso de este estudio, las enfermedades foliares no fueron un problema mayor, y, por lo tanto, la necesidad de fungicidas fue también relativamente limitada (Mueller, et al., 2020).

Un estudio similar realizado en La Paloma, Canindeyú, por Mendoza-Duarte et al. (2023) es en general, consistente con los resultados de este ensayo, donde se sugiere que el uso de fungicidas específicos es efectivo para el manejo de las enfermedades y el aumento del rendimiento en soja con una reducción de la eficacia de control al sembrarse la soja de forma más tardía. Se encontró que las mezclas que incluyeron Picoxistrobin + Benzovindiflupyr y Azoxistrobin + Benzovindiflupyr redujeron la severidad y aumentaron el rendimiento en soja sembrada en octubre, mientras que, al ser sembrada en enero del siguiente año, resaltaron las mezclas de Trifloxistrobin + Prothioconazole + Bixafen y Trifloxistrobin + Prothioconazole. Los fungicidas menos eficientes fueron Picoxistrobin + Ciproconazole y Trifloxistrobin + Ciproconazole.

En Yguazú, Alto Paraná Enciso-Maldonado et al. (2019) encontraron también diferencia significativa según fecha de siembra, donde las condiciones climáticas favorecieron el desarrollo de roya asiática de la soja, hallándose más severidad en la segunda siembra realizada en noviembre (58,7%) comparado con la primera siembra realizada en septiembre (11,1%). Se resalta la eficacia de control de Prothioconazole + Trifloxistrobin en la primera fecha y una reducción consistente en la eficacia en la segunda fecha en todos los tratamientos.

Similarmente, en Minga Guazú, Alto Paraná, Enciso-Maldonado et al. (2021) en un ensayo realizado en octubre, el mejor tratamiento para controlar mancha marrón fue la combinación de Fluxapyroxad + Epoxiconazole + Pyraclostrobin y arrojó un rendimiento de 3.318,8 kg ha<sup>-1</sup>. Tratamientos con Bixafen + Prothioconazole + Trifloxistrobin, Picoxystrobin + Prothioconazole, Picoxystrobin + Cyproconazole obtuvieron buenos rendimientos y fueron también estadísticamente similares. En general, las combinaciones de fungicidas de sitio-específico han mostrado mejorar el rendimiento de la soja al reducir la severidad de las enfermedades.

Por otro lado, un estudio en Ontario evaluó el momento óptimo para aplicaciones de fungicidas en soja, encontrando que las aplicaciones en etapas tempranas de crecimiento (como

R2.5, plena floración) proporcionaban mayores respuestas de rendimiento en comparación con aplicaciones en etapas más tardías (etapas de formación de vaina). Esto sugiere que la respuesta de la soja a los fungicidas puede ser significativamente mejorada mediante la optimización del momento de aplicación (Bohner, 2015).

#### 4. Conclusiones

El análisis de resultados demostró que las condiciones meteorológicas durante el periodo experimental, caracterizadas por precipitaciones esporádicas y temperaturas frecuentemente superiores a 30°C, limitaron significativamente el desarrollo de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Aunque se iniciaron aplicaciones de fungicidas con severidades  $\leq 1\%$ , la enfermedad no progresó debido a la ausencia de alta humedad relativa y películas de agua necesarias para la germinación de esporas. Los factores evaluados —tipo de fungicida, época de siembra y su interacción— mostraron efectos significativos en el rendimiento de la soja, siendo la primera época más productiva. El tratamiento T2 se destacó por su máxima efectividad con rendimientos de hasta 3.440 kg\*ha<sup>-1</sup> en la primera época, mientras que el T1 (testigo) presentó el rendimiento más bajo con una reducción de productividad del 59%. Los fungicidas T9 y T6 también lograron altos rendimientos, pero su efectividad varió según la época. Los hallazgos reflejan la necesidad de seleccionar adecuadamente fungicidas y épocas de aplicación para maximizar el rendimiento, optimizando tanto el control de enfermedades como la respuesta fisiológica del cultivo. Resultados similares han sido reportados en otros estudios en Paraguay, los cuales enfatizan el impacto de la interacción entre condiciones climáticas y el manejo fitosanitario en el desempeño del cultivo de soja.

#### 5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ing. Agr. Miguel Ángel López-Bosio por brindar acceso a sus campos en la Estancia Martha Esther para la ejecución de este estudio, así como por su respaldo financiero que facilitó la realización de las cosechas. Por otro lado, este trabajo se realizó en el marco del convenio entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Smart Soil PY S.A. por medio del Instrumento del Fondo Multilateral de Inversiones para el Proyecto PR-G1004.

#### 6. Aspectos éticos

Los autores declaran que, debido a la naturaleza de este estudio, el cual se basa en análisis de gabinete y no involucra la participación directa de sujetos humanos, animales u otros aspectos éticamente sensibles, no aplican aspectos éticos en el proceso de investigación.

#### 7. Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés que pueda influir en la objetividad o imparcialidad de los resultados presentados en este artículo.

#### 8. Referencias

Barro, J. P., Alves, K. S., Godoy, C. V., Dias, A. R., Forcelini, C. A., Utiamada, C. M., de Andrade Júnior, E. R., Juliatti, F. C., Grigolli, F. J., Feksa, H. R., Campos, H. D., Chaves, I. C. P. V., Araújo Júnior, I. P., Roy, J. M. T., Nunes Júnior, J., Belufi, L. M. R., Carneiro, L. C., Silva, L. H. C. P.,

Canteri, M. G., Gussain Júnior, M. M., Senger, M., Meyer, M. C., Dias, M. D., Müller, M. A., Martins, M. C., Debortoli, M. P., Tormen, N. R., Furlan, S. H., Konageski, T. F., Carlin, V. J., Venâncio, W. S., Del Ponte, E. M. 2021. Performance of dual and triple fungicide premixes for managing soybean rust across years and regions in Brazil: A meta-analysis. *Plant Pathology*, 70, 1920–1935. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13418>

Bohner, H. 2015. Evaluating soybean fungicide timing and tankmixes [en línea]. *Field Crop News*. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: <https://fieldcropnews.com/2015/02/evaluating-soybean-fungicide-timing-and-tankmixes/>

Caballero-Mairesse, G. G., Mendes, F. H., Arrua, A. A., Lopez-Nicora, H. D., Enciso-Maldonado, G. A. 2024. Percepción de agricultores sobre el manejo de enfermedades fúngicas de la soja (*Glycine max* [L.] Merr.) en Paraguay. *Agronomía Mesoamericana*, 35, Artículo 55193. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2024.55193>

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO). 2024. Ranking Mundial [en línea]. Consultado 24 ago. 2024. Disponible en: <https://capeco.org.py/ranking-mundial-es/>

Enciso-Maldonado, G. A., Maidana-Ojeda, M., Machuca-Aquino, P. R., Fernández-Gamarra, M. A., Schlickmann-Tank, J. A. 2021. Eficacia de fungicidas para el control de manchas foliares en soja en el distrito de Minga Guazú, Paraguay. *Agrotecnia*, 31, 31–37. DOI: <https://doi.org/10.30972/agr.0315813>

Enciso-Maldonado, G. A., Maidana-Ojeda, M., Schlickmann-Tank, J. A., Montoya-García, C. O., Páez-Ranoni, H. J., Fernández-Riquelme, F. F., Domínguez-Sanabria, J. A. 2019. Fungicidas sitio-específicos combinados con mancozeb para el control de la roya asiática de la soja. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 37(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1903-3>

Enciso-Maldonado, G. A., Núñez-Ramírez, R. A., Montoya-García, C. O., Schlickmann-Tank, J. A., Maidana-Ojeda, M., Mendoza-Duarte, M. J., Aguilar-Cubilla, E. D., Sanabria-Velázquez, A. D. 2022. Efecto de la época de siembra y diferentes programas de aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya asiática de la soja. *Revista Investigaciones y Estudios - UNA*, 13(2), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.47133/IEUNA22204b>

Godoy, C. V., Koga, L. J., Canteri, M. G. 2006. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, 31, 63–68. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000100011>

Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., Steffey, K. L. 2016. *Compendium of soybean diseases and pests*, fifth edition. St. Paul MN: APS Press, The American. DOI: <https://doi.org/10.1094/9780890544754>

Hossain, M. M., Sultana, F., Yesmin, L., Rubayet, T., Abdullah, H. M., Siddique, S. S., Bhuiyan, A. B., Yamanaka, N. 2024. Understanding *Phakopsora pachyrhizi* in soybean: comprehensive insights, threats, and interventions from the Asian perspective. *Frontiers in Microbiology*. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2023.1304205>

Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO). 2024. Superficies y Rendimientos de Soja Zafra [en línea]. Consultado 24 ago. 2024. Disponible en: <https://inbio.org.py/superficies-de-siembra/>

Langenbach, C., Campe, R., Beyer, S. F., Mueller, A. N., Conrath, U. 2016. Fighting Asian soybean rust. *Frontiers in Plant Science*, 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00797>

Lima Da Silva, M. S. 2019. Principais doenças da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) [en línea]. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Repositório IFGOIANO. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/537>

Mendoza-Duarte, M. J., Melgarejo-Arrua, M., Schlickmann-Tank, J. A., Caballero-Mairesse, G. G., Enciso-Maldonado, G. A. 2023. Efecto de mezclas de fungicidas sitio-específicos combinados con mancozeb en el control de la roya de la soja en el noreste de Paraguay. *Summa Phytopathologica*, 49, 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/264911>

Mueller, D., Kandel, Y., Wiggs, S. 2020. Statewise soybean foliar fungicide evaluation in 2020 [en línea]. *Integrated Crop Management News*. Iowa State University Extension and Outreach. Consultado 15 ago. 2024. Disponible en: <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2020/12/statewide-soybean-foliar-fungicide-evaluation-2020/>

Mueller, D., Wise, K., Sisson, A., Smith, D., Sikora, E. J., Robertson, A., Bradley, C. 2016. A farmer's guide to soybean diseases. American Phytopathological Society. DOI: <https://doi.org/10.1094/9780890545157>

Williams, D. J., Nyvall, R. F. 1980. Leaf infection and yield losses caused by brown spot and bacterial blight diseases of soybean [en línea]. *Phytopathology*, 70, 900–902. Consultado 18 jul. 2024. Disponible en: [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Abstracts/Phyto70\\_900.htm](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Abstracts/Phyto70_900.htm)

## Un Marco para Medir la Inseguridad Hídrica de los Hogares en Paraguay: Implementación Inicial de la Encuesta HWISE en General Artigas y Alto Verá, Itapúa

**A Framework to Measure Household Water Insecurity in Paraguay: Initial Implementation of the HWISE Survey in General Artigas and Alto Vera, Itapúa**

Torhan S<sup>1</sup> , Aquino Laguna M V<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Penn State University, University Park, PA, EE.UU.

<sup>2</sup>Estudiante de Maestría de la Universidad Nacional del Este U.N.E, Ciudad del Este, Paraguay

\* Autor corresponsal – Email: sarahtorhan@gmail.com

### Resumen

Este estudio de caso sirve como un marco para evaluar la inseguridad hídrica a nivel de los hogares en comunidades rurales de Itapúa, Paraguay, utilizando el índice de Experiencias de Inseguridad Hídrica a nivel del Hogar (HWISE). También presenta la primera traducción al guaraní de la encuesta HWISE, que fue clave porque es un idioma nacional de Paraguay y aproximadamente el 90% de la población lo habla a través de todas las clases socioeconómicas. Los datos se recopilaban en 16 comunidades de Alto Verá y General Artigas, lo que resultó en 914 encuestas realizadas y una muestra final procesada de n=711. Surgieron dos hallazgos clave: (1) se observó una variabilidad significativa en la inseguridad hídrica tanto entre comunidades como dentro de ellas, y (2) los cortes de electricidad fueron la interrupción más frecuentemente reportada en el acceso al agua, destacando vulnerabilidades críticas en las interdependencias entre energía y agua. El estudio resalta la necesidad de más recursos y colaboración para lograr una infraestructura resiliente que garantice la disponibilidad de agua en comunidades rurales.

**Palabras clave:** Seguridad hídrica, infraestructura hídrica, Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), comunidades rurales, manejo del agua.

### Abstract

This case study serves as a framework for evaluating household water insecurity in rural communities in Itapúa, Paraguay using the Household Water Insecurity Experiences (HWISE) index. It also presents the first Guaraní translation of the HWISE survey, which was critical because Guaraní is a national language of Paraguay with approximately 90% of the population speaking it across all socioeconomic classes. Data were collected from 16 communities across Alto Verá and General Artigas, resulting in 914 executed surveys and a final processed sample size of n=711. Two key findings emerged: (1) significant variability in water insecurity was observed between and within communities, and (2) power outages were the most frequently reported interruption to water access, highlighting critical vulnerabilities in energy-water interdependencies. The study highlights the need for more resources and collaboration to achieve resilient infrastructure to achieve water availability in rural communities.

**Key Words:** Water security, water infrastructure, Sustainable Development Goals (SDGs), rural communities, water management.

## 1. Introducción

Lograr la seguridad hídrica sigue siendo un desafío global, interceptando los ámbitos ambiental, social y económico. Según Gerlak et al. (2018), la seguridad hídrica se describe como la disponibilidad, accesibilidad y fiabilidad del agua para los seres humanos y los ecosistemas. Aunque sigue siendo una prioridad para las políticas, instituciones y organizaciones ambientales a nivel mundial, más del 25% de la población mundial aún carece de acceso a agua potable segura (WHO, 2022), y más de 4 mil millones de personas experimentan al menos un mes de escasez de agua al año (Mekonnen & Hoekstra, 2016). Estas estadísticas subrayan la importancia de la seguridad hídrica en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, en particular el ODS 6, que busca "garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos" para 2030 (Kumar Aurora & Mishra, 2022).

La seguridad hídrica es un concepto multidimensional que abarca la disponibilidad de una cantidad y calidad aceptables de agua para sostener los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, al tiempo que se preservan los ecosistemas y se adaptan al cambio climático (Mishra et al., 2021; Torres-Slimming et al., 2020). La literatura académica a menudo lo enmarca en cuatro dimensiones clave: disponibilidad de agua, calidad del agua, accesibilidad y gestión de riesgos (Gerlak et al., 2018). Las mediciones de la seguridad hídrica varían, pero generalmente incluyen indicadores como la disponibilidad de agua per cápita, el acceso a servicios de agua y saneamiento gestionados de manera segura, la incidencia de impactos a la calidad del agua y la resiliencia de la disponibilidad del agua ante extremos hidrológicos como inundaciones y sequías (Desantis & Elliott, 2024; Olmedo, 2023). Además, los estudios académicos a menudo contextualizan la seguridad hídrica dentro de un marco específico, como la urbanización, la agricultura o la gobernanza del agua, enfatizando su intersección con la economía, la conservación ambiental y la estabilidad geopolítica (Orr et al., 2009). Dado que la seguridad hídrica también tiene un carácter localizado, las medidas de escala y nivel son características inherentes para la evaluación geográfica y las políticas (Garrido & Ingram, 2011). Este entendimiento matizado es esencial para diseñar políticas que aborden los complejos e interconectados desafíos de la seguridad hídrica en la actualidad. Este artículo contribuye a este esfuerzo explorando la seguridad hídrica en Paraguay, ofreciendo perspectivas sobre las vías hacia un futuro más seguro en términos hídricos.

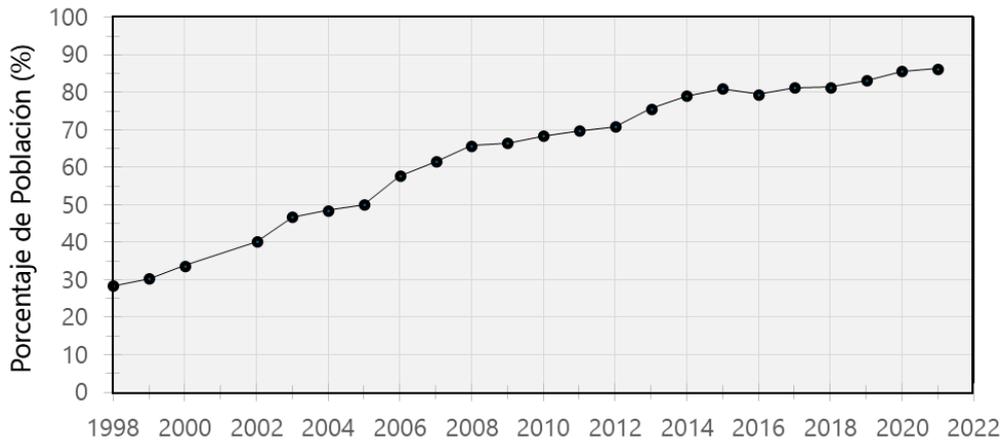
### 1.1. La inseguridad hídrica en Paraguay

A pesar de sus abundantes recursos de agua dulce (Maboggiano, 2019), Paraguay aún enfrenta desafíos para lograr una seguridad hídrica integral (Oleaga et al., 2009). Históricamente, las zonas rurales han carecido de acceso adecuado a agua de calidad. Por ejemplo, en el año 2000, solo el 51,6% de la población rural tenía acceso a agua potable segura. Sin embargo, para 2017, esta cifra casi se había duplicado, alcanzando el 94% (Figura 1), lo que refleja avances significativos gracias a la mejora de las leyes y la gobernanza en materia de agua (INE, 2021). En 2007, Paraguay promulgó la Ley 3239, que reconoce el acceso al agua potable como un derecho humano, un paso progresivo que antecedió a la declaración similar de las Naciones Unidas en 2010 (FAO, 2007). A pesar de estos avances, Paraguay ocupaba el último lugar en el índice de seguridad hídrica de América del Sur en 2020, debido en parte a que las medidas regulatorias de su principal legislación

hídrica solo comenzaron a implementarse 15 años después de su promulgación (Urquiza & Billi, 2020).

**Figura 1**

**POBLACIÓN RURAL CON ACCESO A AGUA MEJORADA (%) – INE MÉTRICA PARA ODS 6.6.1**



Nota. Las métricas de seguridad hídrica del censo nacional indican que la seguridad hídrica no es un problema en Paraguay, pero solo miden si los hogares tienen acceso a agua potable, no si su distribución es confiable. Elaboración propia a partir de: INE (2021).

Según el censo más reciente, el 91,2% de la población nacional y el 93,3% en Itapúa tienen acceso mejorado al agua (INE, 2021). Sin embargo, informes nacionales y declaraciones de funcionarios gubernamentales han señalado recientemente un aumento en los problemas relacionados con la disponibilidad, accesibilidad y calidad del agua, atribuidos al uso intensivo y a los efectos acumulados de las sequías (Figura 2). Por ejemplo, el nivel del río Paraguay en Asunción ha alcanzado mínimos históricos debido a la sequía en Brasil, afectando la navegación y el transporte de granos (Desantis & Elliott, 2024). Además, en el departamento de Ñeembucú, la disminución del nivel del río ha intensificado los conflictos entre pescadores y agricultores, quienes compiten por recursos hídricos cada vez más escasos (Olmedo, 2023). Estos desafíos subrayan la necesidad urgente de fortalecer las políticas y estrategias hídricas y la recopilación de datos para garantizar un acceso equitativo y sostenible al agua en todo el país.

Con el objetivo de abordar las deficiencias de datos, Paraguay lanzó en marzo de 2023 un Sistema de Información del Agua (WIS, por sus siglas en inglés), destinado a proporcionar datos integrales sobre los recursos hídricos para mejorar su gestión y acceso (Armoa, 2023). Sin embargo, esta iniciativa ya agotó su financiación inicial y aún no ha completado la integración de datos necesarios. Investigadores paraguayos han realizado algunos estudios locales para medir la seguridad hídrica a nivel regional, concluyendo que queda bastante trabajo por hacer para amplificarlo a otras regiones (Pacheco et al., 2019). Además, un estudio reciente destacó las dificultades de los ciudadanos para acceder al agua en áreas rurales y suburbanas de Asunción (Última Hora, 2024). Estos desafíos subrayan la necesidad urgente de fortalecer las políticas y estrategias hídricas para garantizar el acceso equitativo y sostenible al agua en todo el país.

Figura 2



Nota. Lograr la seguridad hídrica en Paraguay es complicado por el estado de la infraestructura en las comunidades rurales. Fotografía y elaboración propia.

### 1.2. La escala de experiencias de inseguridad hídrica en los hogares (HWISE, por sus siglas en inglés)

La inseguridad hídrica a nivel de los hogares se refiere a la incapacidad de acceder y beneficiarse de agua adecuada, confiable y segura para el bienestar y los medios de subsistencia, afectando a miles de millones de personas en todo el mundo (Jepson et al., 2021). En 2019, una red colaborativa de académicos publicó la encuesta Experiencias de Inseguridad Hídrica en los Hogares (Household Water Insecurity Experiences, HWISE, por sus siglas en inglés), que fue implementada y validada de manera transversal y longitudinal en diversos países, sitios, idiomas, contextos demográficos y sociales (Young et al., 2019; Stoler et al., 2021). La encuesta HWISE fue desarrollada y validada por Young et al. (2019) como un esfuerzo colaborativo para mejorar los datos relacionados con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6, "Agua limpia y saneamiento para todos". Esta encuesta ha sido probada en diversos contextos y culturas en todo el mundo.

Esta encuesta es un instrumento diseñado para estandarizar los indicadores de inseguridad hídrica a escala doméstica, como un esfuerzo para medir con mayor precisión el progreso hacia el ODS 6. El índice de experiencias de inseguridad hídrica a nivel de los hogares ( $I_{HWISE}$ ) generalmente se divide en 12 dimensiones que evalúan las experiencias de los hogares con el agua durante el último mes (Tabla 1). Preguntas adicionales, como aquellas relacionadas con la agricultura y la calidad del agua, pueden incorporarse a la encuesta para un análisis más detallado y contextualizado. Desde su implementación, ha sido utilizada para comprender las relaciones entre la inseguridad hídrica y la salud (Jepson et al., 2021), la demografía (Shahman-Levy et al., 2023; Rosinger et al., 2021), la gobernanza (Miller et al., 2020), la inseguridad alimentaria (Bethancourt et al., 2023), los factores sociales (Rosinger et al., 2021; Stuart et al., 2023), la estacionalidad (Broyles et al., 2023) y la geografía (Stoler et al., 2021; Stuart et al., 2023). Aunque todavía es un indicador novedoso en la comunidad académica, las iniciativas HWISE buscan ampliar la cobertura de los datos e invitar a una mayor evaluación de las variables que pueden ser significativas para la inseguridad hídrica.

**Tabla 1**

<b>Etiqueta</b> (En inglés)	<b>Cuestión</b>
<b>Preocupación</b> (Worry)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda se preocupó de no tener suficiente agua para cubrir todas sus necesidades?
<b>Interrupción</b> (Interrupt)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia había una interrupción o problema de su fuente principal de agua? (p. ej., la presión, corte de luz, menos agua de la esperada, cañería, se descompuso, se seco)
<b>Ropa</b> (Clothes)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia no tuvieron suficiente agua para lavar la ropa?
<b>Cambio de Horarios</b> (Plans)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda tuvo que cambiar sus planes o horarios por encontrarse con problemas con el agua? (por ejemplo: levantarse medio noche, cambiar la hora para dormir, ajustar las tareas domésticas, el cuidado de niños y/o adultos mayores, el trabajo agrícola y/o las actividades generadoras de ingresos, etc.)
<b>Alimentos</b> (Food)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda tuvo que cambiar lo que iba a cocinar o comer porque hubo problemas con el agua? (p. ej., para lavar alimentos, cocinar, etc.)
<b>Manos</b> (Hands)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda tuvo que dejar de lavarse las manos después de ensuciarse debido a problemas con el agua?
<b>Cuerpo</b> (Body)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda tuvo que dejar de bañarse debido a problemas con el agua?
<b>Bebida</b> (Drink)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia no tuvo tanta agua para beber como quisiera para alguien en la vivienda?
<b>Disconformidad</b> (Angry)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda sintió enojo o molestia por su situación con respecto al agua?
<b>Sueño</b> (Sleep)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda se ha ido a dormir con sed porque no tuvo tanta agua para beber como quisiera?
<b>Falta</b> (None)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia no había agua segura para beber en su vivienda?
<b>Vergüenza</b> (Shame)	En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia alguien de la vivienda se sintió vergüenza, mal, excluido, rechazado por su situación del agua?
<b>Elección de respuestas</b>	<input type="checkbox"/> nunca (0 días) <input type="checkbox"/> a veces (3-10 días) <input type="checkbox"/> rara vez (1-2 días) <input type="checkbox"/> a menudo/siempre (11+ días)

Nota. Los ítems y las preguntas asociadas a los temas y dimensiones de la escala HWISE fueron traducidos al castellano paraguayo. Adaptado de: Young et al. (2019).

Esta investigación utiliza el índice HWISE para evaluar posibles relaciones con la infraestructura y los factores sociodemográficos en el contexto de las regiones subtropicales en Paraguay, que han experimentado transformaciones rápidas. Esta es la primera aplicación de la escala HWISE en Paraguay, con la primera traducción de la encuesta en guaraní, con la esperanza de esclarecer una mejor comprensión de la inseguridad hídrica del hogar moderna en una región históricamente rica en agua. Este estudio busca abordar un vacío en la investigación, proporcionando datos de resolución más detallada sobre la inseguridad hídrica en Paraguay, mientras se prueban las métricas HWISE con variables geográficas, demográficas y estructurales. Además, realizar esta investigación en Paraguay contribuye a la literatura académica representando regiones, poblaciones, contextos políticos y sociales, y condiciones geográficas poco estudiados, para informar mejor las generalizaciones en dominios de investigación más amplios.

### 1.3. Objetivos de Investigación

Este estudio aplica la encuesta Experiencias de Inseguridad Hídrica a nivel del Hogar (HWISE) en comunidades rurales de Itapúa, Paraguay, para evaluar la relación entre la inseguridad hídrica, los factores geográficos y las variables demográficas. Aunque esta herramienta se ha utilizado más comúnmente en los sectores de la salud y las ciencias sociales, nuestro estudio busca analizar la inseguridad hídrica desde la perspectiva de la geografía y el desarrollo de infraestructura.

Este documento presenta la primera traducción de la encuesta HWISE en guaraní, y se sirve como el marco de métodos la fundación para un análisis más profundo que está en preparación (Torhan et al., *en preparación*). De manera más específica de este estudio, exploramos las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es el estado de la inseguridad del agua en los hogares rurales de Itapúa?
- ¿Qué implicaciones tienen estos resultados para el cumplimiento de los objetivos del ODS 6?

## 2. Materiales y Métodos

La encuesta recopila información para calcular el índice de Experiencias de Inseguridad Hídrica a nivel del Hogar (HWISE), con preguntas adicionales relacionadas con la información geográfica, la sociodemográfica, la infraestructura de la distribución del agua y el uso del agua. La traducción al guaraní (Table 2) fue clave para cumplir las encuestas porque aproximadamente el 90% de los paraguayos hablan guaraní a través de todas las clases socioeconómicas y es un idioma nacional (Romero, 2012). Las encuestas se llevaron a cabo durante el invierno y la primavera (octubre - diciembre de 2023) en un año de El Niño (con exceso de lluvias). Recopilar puntuaciones de HWISE durante este período se considera conservador, ya que se asume que los efectos de la inseguridad hídrica están más relacionados con factores estructurales y geográficos, en lugar de factores climáticos como la sequía y el calor extremo. Para la recopilación de datos, todos los participantes dieron su consentimiento informado y cumplieron con los siguientes criterios de inclusión per la revisión ética, IRB STUDY00023303:

- Todos los participantes debían ser ciudadanos paraguayos o residentes.
- Todos los participantes debían tener más de 18 años.
- Todos los participantes debían hablar español y/o guaraní.

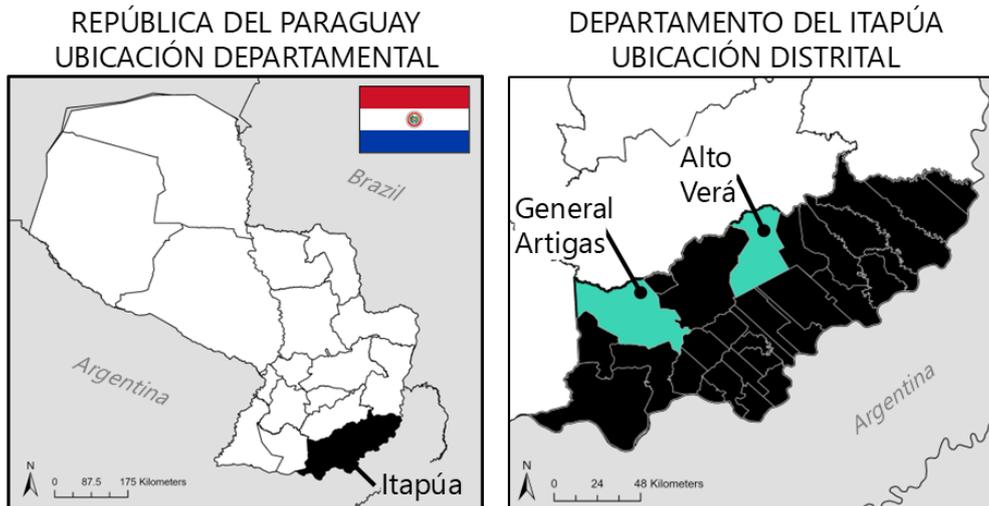
Tabla 2

Etiqueta (En inglés)	Cuestión
<b>Jepy'apy</b> (Worry)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe, ¿Mboy ára piko ogaygua ojepy'apy ýre ojapo haġua hekotevë tenondegua?
<b>Ñepytũ</b> (Interrupt)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekue. ¿Mboy ára piko oiko jepy'apy térã apañuai jepyso pe y gueruhágui?
<b>Ao johéi</b> (Clothes)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko ndoguerekói y ojohéi haġua aokuéra?
<b>Aravo ñemoambue</b> (Plans)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua omoambue aravo oĩgui apañuai ýre? (Techapyrã: repu'ã pyharemytejave, emoambue aravo reke haġua, omohenda tembiapo ogapypegua, mitã ha kakuaáva ñangareko, mba'apo kokuépegua ha umi tembiapo ome'ëva jehepyme'ë ha ambueve).
<b>Tembi'u</b> (Food)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua omoambue hi'upyrã apo térã hembí'u oĩgui apañuai ýre? (Techapyrã: ojohéi haġua hi'upyrã, ombojy ha ambueve mba'ë.)
<b>Po johéi</b> (Hands)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua ndojohéi ipo omogy'a rire oĩgui apañuai ýre?
<b>Rete johéi</b> (Body)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua ndojahúi oĩgui apañuai ýre?
<b>Hoy'u haġua</b> (Drink)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua ndoguerekói y hekopete hoy'u haġua?
<b>Pochy</b> (Anger)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko oí pochy térã py'arasy y jepuru rehegua?
<b>Kéra</b> (Sleep)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe Umi 4 arapokõindy'pe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua oho oke ijuhéire ndoguerekoguii heta y hoy'u haġua oipotaháicha?
<b>Ndaipóri</b> (None)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko ndaipóri y iporãva ojeyí'u haġua nde rogapy'pe?
<b>Ñembyai</b> (Shame)	Umi 4 arapokõindy ohasava'ekuépe. ¿Mboy ára piko peteî ogaygua hoy'u y naiporãimbáva, iky'a, ine terã oñeñandú peteî ñembyai ýpe?
<b>Elección de respuestas</b>	<input type="checkbox"/> Araka'eve (0 ára) <input type="checkbox"/> Sapy'a py'ante (3-10 ára peve) <input type="checkbox"/> Sapy'ante (1-2 ára peve) <input type="checkbox"/> Jepi/tapiaite (11+ ára)

Nota. Presentamos los ítems y las preguntas asociadas a los temas y dimensiones de la escala HWISE traducidos al guaraní. La traducción se coincide con los artículos de Tabla 1. Elaborada por Lic. María Victoria Aquino Laguna y Prof. Mirta Aquino Laguna.

Esta investigación se llevó a cabo en Itapúa, Paraguay. Esto incluyó 16 comunidades rurales distribuidas en los distritos de Alto Verá y General Artigas. Todos los sitios propuestos están ubicados en el departamento sureste de Itapúa, que se puede observar en la Figura 3:

**Figura 3**



Nota. Recopilación de datos HWISE se ocurrió en General Artigas y Alto Verá, Itapúa.  
Elaboración propia a partir de: INE (2022).

Este estudio utilizó métodos de muestreo intencional, espacial y en cadena (snowball sampling) para identificar a los participantes de la investigación. Comenzando con una comunidad por sitio de estudio, la primera autora se puso en contacto con personas conocidas e instituciones, visitó comunidades, realizó reuniones introductorias y solicitó conexiones con otras comunidades en los sitios seleccionados. Una vez que se eligió una comunidad, los asistentes de recolección de datos fueron casa por casa para solicitar el consentimiento informado y realizar las encuestas.

En propiedades con múltiples viviendas, solo se encuestó una casa para ser incluida en la muestra. Los participantes que desearan retirarse del estudio podían hacerlo dentro de un período de 2 meses después de completar la recolección de datos.

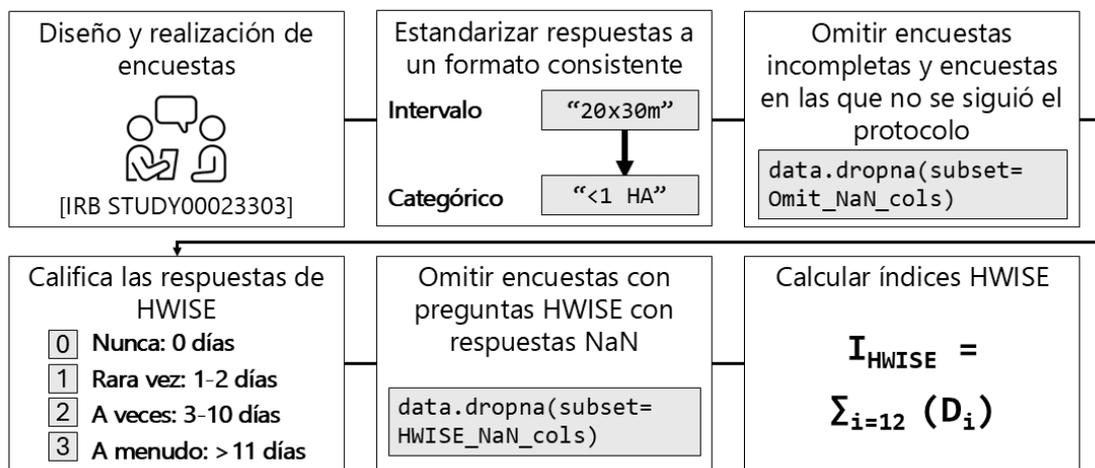
El objetivo era encuestar al mayor número posible de hogares que otorgaran su consentimiento dentro de cada comunidad. Cada comunidad contaba con entre 80 y 200 hogares conectados a infraestructura de agua corriente. Nuestro objetivo era mantener una delimitación espacial de al menos cinco (5) hogares por kilómetro cuadrado. Según contactos locales, las parcelas de desarrollo rural en Paraguay generalmente tienen entre 5 y 10 hectáreas por hogar, lo que equivale aproximadamente a diez (10) hogares por kilómetro cuadrado. Por lo tanto, para lograr una tasa de respuesta del 50%, buscamos mantener esta concentración durante toda la recolección de datos.

Para asegurar que podemos evaluar la relevancia estadística de utilizar un modelo de regresión lineal ( $\alpha \leq 0.05$ ; Poder estadístico  $\geq 0.8$ ;  $F \geq 0.39$ ), el estudio requería un tamaño mínimo de muestra de 111 hogares para analizar la relación de 7 variables independientes (relación con la infraestructura de agua, uso del agua, disponibilidad, agricultura, género, empleo y tamaño de la

propiedad) sobre el índice continuo de HWISE como variable dependiente. El número final de encuestas realizadas fue de n=914 antes del preprocesamiento de datos para garantizar la calidad, la integridad de la recolección de datos y su procesamiento en variables analizables.

Los datos de la encuesta fueron recolectados de forma manual, y luego ingresados manualmente para crear un conjunto de datos con el índice HWISE ( $I_{HWISE}$ ) como variable dependiente y los factores sociodemográficos y geográficos como variables independientes. Para el procesamiento de los datos (Figura 4), se utilizaron las bibliotecas de Python *pandas* y *numpy* para estandarizar las respuestas a un formato consistente, omitir encuestas incompletas, y calificar las respuestas de HWISE para calcular los índices por cada hogar. El conjunto de datos final obtenido resultó en una muestra final de n=711. Después del procesamiento, los datos para este artículo fueron analizados y visualizados utilizando la biblioteca de Python *matplotlib*.

**Figura 4**



Nota. Los datos necesitaron ser procesados para garantizar que solo se analizaran respuestas completas y consistentes. Elaboración propia.

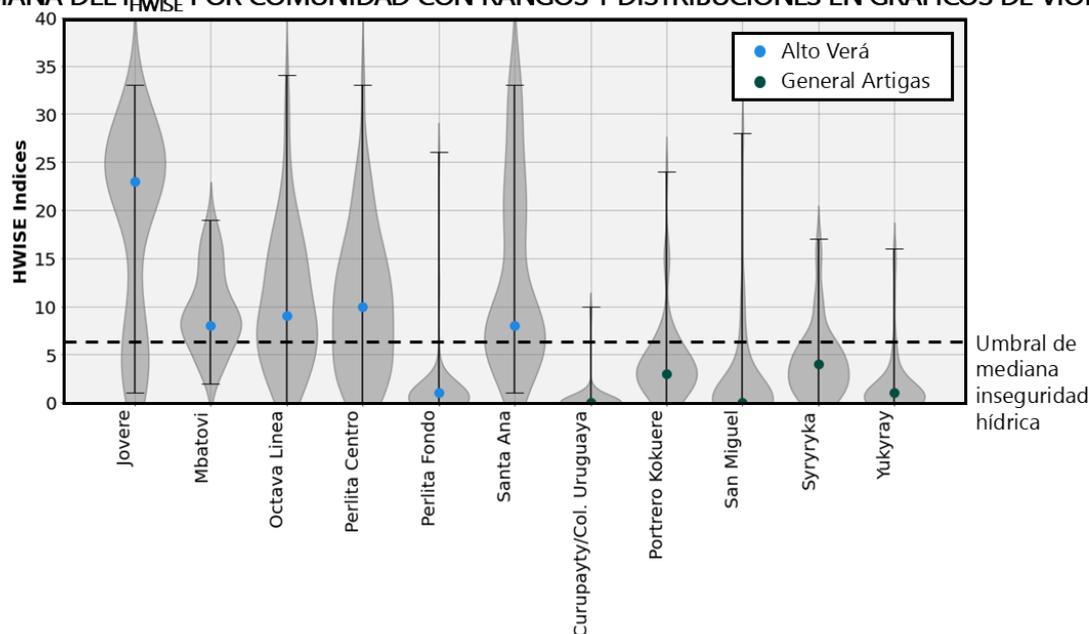
### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1. La inseguridad hídrica a nivel de los hogares varía entre distritos y comunidades, así como dentro de las comunidades.

La Figura 5 visualiza la distribución de los índices de Experiencias de Inseguridad Hídrica a nivel del Hogar (HWISE) en diferentes comunidades, representada por gráficos de violín. El ancho de cada violín indica la densidad de las puntuaciones de HWISE, con las secciones más anchas mostrando dónde se concentran la mayoría de los valores. Los puntos representan la mediana del índice HWISE para cada comunidad, codificados por colores según el distrito, mientras que las barras de error verticales se extienden desde los valores mínimos hasta los máximos. Comunidades como Jovere y Santa Ana muestran un rango más amplio de índices HWISE, reflejando una mayor variabilidad en las experiencias de inseguridad hídrica, mientras que comunidades como Colonia Uruguaya y Potrerito Kokueré tienen rangos más estrechos y puntuaciones medianas más bajas, indicando niveles más consistentes y bajos de inseguridad hídrica.

Figura 5

MEDIANA DEL  $I_{HWISE}$  POR COMUNIDAD CON RANGOS Y DISTRIBUCIONES EN GRÁFICOS DE VIOLÍN



Nota. El gráfico muestra la distribución, la mediana y el rango de los índices HWISE para cada comunidad, resaltando la variabilidad en la inseguridad hídrica entre las comunidades.

Elaboración propia.

El umbral de inseguridad hídrica media se encuentra en un índice HWISE de 6, lo que indica que un hogar experimenta múltiples dimensiones de inseguridad hídrica rara vez, además de entre el 25-50% de las dimensiones a veces y/o de 2 a 4 dimensiones siempre.

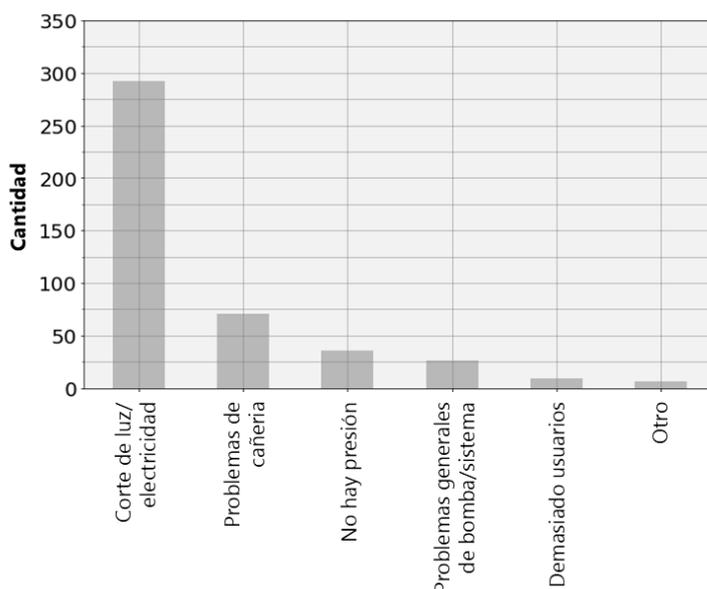
### 3.2. Para avanzar hacia el ODS 6.6.1, las comunidades rurales de Paraguay necesitan mayor apoyo para mejorar la infraestructura eléctrica, abordar las roturas de cañería a lo largo de las caminos y calles y mantener los sistemas envejecidos.

La Figura 6 muestra la frecuencia de interrupciones reportadas que afectan la disponibilidad de agua en los hogares, destacando que los "Cortes de luz/electricidad" son, por un margen significativo, el problema más citado, seguido por "Problemas de cañería". Otros problemas reportados con frecuencia incluyen "No hay presión" (presión baja o inexistente), "Problemas de bomba/sistema" (problemas con la bomba o el sistema), y una proporción menor agrupada como "Otros".

La predominancia de las interrupciones relacionadas con la electricidad resalta una dependencia crítica de la infraestructura eléctrica para el acceso al agua, reflejando potencialmente vulnerabilidades en las interdependencias entre energía y agua. Abordar estos problemas está directamente relacionado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6.6.1, que enfatiza el uso sostenible y la restauración de los ecosistemas relacionados con el agua (PNUD, 2013).

Figura 6

NÚMERO DE RESPUESTAS A LOS TIPOS DE INTERRUPCIONES POR LOS HOGARES



Nota. El gráfico ilustra los tipos y frecuencias de interrupciones que afectan la disponibilidad de agua en los hogares, siendo los cortes de luz la problemática más reportada. Elaboración propia.

La frecuente mención de problemas relacionados con cañería y sistemas subraya la necesidad de inversiones en infraestructura hídrica resiliente y en la salud de los ecosistemas para garantizar un acceso ininterrumpido y equitativo a los recursos hídricos. Además, reducir las dependencias entre energía y agua mediante la integración de energías fiables o sistemas descentralizados de agua podría contribuir aún más al logro del ODS 6, promoviendo un acceso al agua sostenible y confiable (PNUD, 2013).

Con servicios gubernamentales como las Juntas de Saneamiento, el Ente Regulador de Servicios Sanitarios del Paraguay (ERSSAN) y el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) – Dirección de Agua Potable y Saneamiento establecidos para ayudar a alcanzar estos objetivos (Barrios, 2016; Muñoz, 2015; MOPC, 2018), pero suelen trabajar en silos. Los resultados de este estudio dan el énfasis que es fundamental priorizar un enfoque más consolidado en la mejora de la confiabilidad de los sistemas de agua en áreas rurales, además de fomentar una mayor colaboración entre estos sectores y la Administración Nacional de Electricidad (ANDE).

#### 4. Conclusiones

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la relación entre la inseguridad hídrica a nivel de los hogares con los factores geográficos y las variables sociodemográficas en comunidades rurales de Itapúa, Paraguay, utilizando el índice de Experiencias de Inseguridad Hídrica a nivel del Hogar (HWISE). Este artículo sirve como un marco para un análisis más profundo del índice HWISE en comunidades rurales de Paraguay (Torhan et al., *en preparación*). La aplicación de HWISE proporcionó un marco estandarizado para evaluar y comparar la inseguridad hídrica en contextos diversos, ofreciendo información sobre experiencias y desafíos locales. De este análisis surgieron dos hallazgos clave: primero, se observó una variabilidad significativa en la inseguridad hídrica

tanto entre comunidades como dentro de ellas, influenciada por la proximidad a la infraestructura y los patrones de uso del suelo; segundo, los cortes de electricidad fueron identificados como la interrupción más reportada que afecta el acceso al agua, lo que destaca vulnerabilidades críticas en las interdependencias entre energía y agua. Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar factores estructurales, como la mejora de la infraestructura hídrica y la fiabilidad energética, para garantizar un acceso sostenible al agua. Las implicaciones más amplias incluyen la necesidad de políticas e inversiones específicas para reducir la inseguridad hídrica, particularmente en áreas rurales, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 para garantizar una gestión equitativa y sostenible de los recursos hídricos a nivel nacional.

## 5. Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los paraguayos de Alto Verá y General Artigas que participaron en este estudio por su tiempo y consideración. La primera autora también desea agradecer a la Universidad Nacional de Itapúa – Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales por su apoyo, su revisión de los protocolos y las traducciones, y su amistad, especialmente a la Dra. María Rosa Servín Nasich, la Ing. Marlene Candia, la Ing. Agrop. Manuela Arriola Almada y el Ing. Agrop. Julio Rodas Balmaceda. También desea agradecer especialmente a la Lic. Elizabeth Cabrera y a Alistair Kerlin del Cuerpo de Paz por su constante consejo y apoyo, así como por haber proporcionado los primeros contactos con la universidad y las comunidades rurales de Paraguay.

La primera autora también quiere reconocer a los esfuerzos de los estudiantes, docentes y técnicos que ayudaron a llevar a cabo las encuestas y recopilar los datos, especialmente a la Lic. María Victoria Aquino Laguna, la Prof. Mirta Aquino Laguna, Guido Martínez Giménez, Elena Acosta Benítez, Edgar (Lalo) Báez, Javier Cabrera Rojas, William Caballero Benítez, Willians Bogado Méreles, Maricel López Cabral, y Sebastián Zárate Benítez.

Finalmente, también desea agradecer a los miembros de las comunidades que la recibieron con los brazos abiertos y la hicieron sentir bienvenida durante la realización de esta investigación, especialmente a la Prof. Ramona Osorio, el Prof. Víctor Hugo Duarte Báez, Elvira Acosta Petroff, Aurelia Rodríguez y el Prof. Héctor Rafael Maciel Gómez. Asimismo, la primera autora desea expresar su agradecimiento a las colegas de la Universidad Católica, la Dra. Alicia Eisenkölbl y la Ing. Celia Garayo, por su apoyo y por la oportunidad de difundir la investigación sobre seguridad hídrica en el II Congreso de Ciencias Agropecuarias.

## 6. Financiamiento

Los autores de este artículo agradecen a las siguientes organizaciones de financiación que hicieron posible esta investigación: la Fundación Fulbright, the Boren Awards, and el programa de U.S. National Defense Science and Engineering Graduate (NDSEG) Fellowship.

## 7. Aspectos éticos

Todos los participantes dieron su consentimiento informado para su inclusión antes de participar en el estudio. El estudio se llevó a cabo de conformidad con la Declaración de Helsinki y el protocolo fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Penn State University junta de revisión ética institucional (IRB STUDY00023303).

## 8. Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés que pueda influir en la objetividad o imparcialidad de los resultados presentados en este artículo.

## 9. Referencias

Armoa, C. 2023. Towards a water information system in Paraguay. Global Partnership for Sustainable Development Data. Disponible en: <https://www.data4sdgs.org/towards-water-information-system-paraguay>.

Barrios, P. 2016. Provisión de datos sobre Juntas de Saneamiento de Encarnación. s.l., s.e.

Bethancourt, H. J., Frongillo, E. A., & Young, S. L. 2022. Validity of an abbreviated Individual Water Insecurity Experiences (IWISE-4) Scale for measuring the prevalence of water insecurity in low- and middle-income countries. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(9), 647–658. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/washdev.2022.094>.

Desantis, D. & Elliott, L. 2024. South America's rivers hit record lows as Brazil drought impact spreads. Reuters. Disponible en: <https://www.reuters.com/world/americas/south-americas-rivers-hit-record-lows-brazil-drought-impact-spreads-2024-09-09/>.

Desantis, D., & Olmedo, C. 2024. Paraguay's drying river stokes water tensions between fishers and farmers. Reuters. Consultado 2 dic. 2024. Disponible en: <https://www.reuters.com/world/americas/paraguays-drying-river-stokes-water-tensions-between-fishers-farmers-2024-10-17/>.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2007. Ley N° 3.239/07—De los recursos hídricos del Paraguay. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC087462/>.

Garrido, A., & Ingram, H. 2011. *Water for Food in a Changing World*. Routledge.

Gerlak, A. K., House-Peters, L., Varady, R. G., Albrecht, T., Zúñiga-Terán, A., de Grenade, R. R., Cook, C., & Scott, C. A. 2018. Water security: A review of place-based research. *Environmental Science & Policy*, 82, 79–89. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.009>.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2021. Caracterización de las viviendas y los hogares CNPV2022 (en línea). Asunción, Paraguay, INE. Consultado 1 dic. 2024. Disponible en: <https://www.ine.gov.py/default.php?publicacion=10>.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2022. Códigos Geográficos 2022 - Departamentos, Distritos y Barrios (en línea). Asunción, Paraguay, INE. Consultado 1 dic. 2024. Disponible en: <https://www.ine.gov.py/microdatos/codigo-geografico-2022.php>.

Jepson, W., Tomaz, P., Santos, J. O., & Baek, J. 2021. A comparative analysis of urban and rural household water insecurity experiences during the 2011–17 drought in Ceará, Brazil. *Water International*, 46(5), 697–722. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02508060.2021.1944543>.

Maboggiano. 2019. Los 10 países con mayores reservas de agua dulce (en línea, sitio web). Consultado 19 sep. 2021. Disponible en: <https://www.cronista.com/columnistas/Los-10-paises-con-mayores-reservas-de-agua-dulce-20191125-0037.html>.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2(2), e1500323. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>.

Miller, J. D., Vonk, J., Staddon, C., & Young, S. L. 2020. Is household water insecurity a link between water governance and well-being? A multi-site analysis. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(2), 320–334. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.165>.

Mishra, B. K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. 2021. Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. *Water*, 13(4), 490. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13040490>.

MOPC (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones); Dirección de Agua Potable y Saneamiento. 2018. Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. s.l., s.e.

Muñoz, C. 2015. Ponencia del Ente Regulador de Servicios Sanitarios del Paraguay (ERSSAN). Encarnación, Paraguay, s.e.

Oleaga, A; Pacheco, F; Feller, M. 2009. Determinación de perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad y riesgo de contaminación de acuíferos (en línea). Montevideo, Uruguay, s.e., vol.6, (Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní). Consultado 2 dic. 2024. Disponible en: <http://sstd.cicplata.org/sstd/arquivo/arquivo/download/pdf/MDCvMTAvMjAxNiAxNTToyMz00NS44OTRzYWdfbWFudWFsX3BvY29zLnBkZg==.pdf>.

Olmedo, C. 2023. El Niño rains wipe out Paraguay neighborhoods, with more to come. Reuters. Consultado 2 dic. 2024. Disponible en: <https://www.reuters.com/world/americas/el-nino-rains-wipe-out-paraguay-neighborhoods-with-more-come-2023-11-08/>.

Orr, S., Cartwright, A., & Tickner, D. 2009. Understanding water risks: A primer on the consequences of water scarcity for government and business. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093333777>.

Pacheco Figueredo, V. M., Servín Nasich, M. R., Velázquez Haurón, E. J., Servín Santa Cruz, M. Á. 2019. Acceso al agua potable y saneamiento: el caso de la ciudad de Encarnación - Paraguay (en línea). Encarnación, Paraguay, Universidad Nacional de Itapúa. p. 73-81. Disponible en: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload\\_editores/u489/Compendio%20de%20art%C3%ADculos%20-%202023.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u489/Compendio%20de%20art%C3%ADculos%20-%202023.pdf).

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2013. Usos y Gobernabilidad del Agua en Paraguay (en línea). s.l., Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 97 p. Consultado 2 dic. 2024. Disponible en: <https://www.undp.org/es/paraguay/publicaciones/usos-y-gobernabilidad-del-agua-en-paraguay>.

Romero, S. 2012. An Indigenous Language With Unique Staying Power. The New York Times. Consultado 3 dic. 2024. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2012/03/12/world/americas/in-paraguay-indigenous-language-with-unique-staying-power.html>.

Rosinger, A. Y., Bethancourt, H. J., Young, S. L., & Schultz, A. F. 2021. The embodiment of water insecurity: Injuries and chronic stress in lowland Bolivia. *Social Science & Medicine*, 291, 114490. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114490>.

Shamah-Levy, T., Mundo-Rosas, V., Muñoz-Espinosa, A., Méndez Gómez-Humarán, I., Pérez-Escamilla, R., Melgar-Quiñones, H., Frongillo, E. A., & Young, S. L. 2023. Viabilidad de una escala de experiencias de inseguridad del agua en hogares mexicanos. *Salud Pública de México*, 65(3, may-jun), 219–226. Disponible en: <https://doi.org/10.21149/14424>.

Stoler, J., Miller, J. D., Adams, E. A., Ahmed, F., Alexander, M., Asiki, G., Balogun, M., Boivin, M. J., Brewis, A., Carrillo, G., Chapman, K., Cole, S., Collins, S. M., Escobar-Vargas, J., Eini-Zinab, H., Freeman, M. C., Ghorbani, M., Hagaman, A., Hawley, L., Hoorens, S., & Young, S. L. 2023. Water insecurity and the physical and mental health of children in Guatemala: Results from a cross-sectional study. *Science Advances*, 9(1). 12 p. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abq4259>.

Stuckler, D., McKee, M., & Ebrahim, S. 2009. Universal Health Coverage and Water Security: Global Risks and Policy Responses. *The Lancet*, 374(9682), 1–8.

World Bank. 2019. Water and Sanitation in Paraguay: Results from the 2018 WASH survey. s.l., Banco Mundial. 25 p.

## Los baculovirus como modificadores del comportamiento depredador de las larvas de *Chrysoperla carnea*.

Baculoviruses as modifiers of the predatory behavior of *Chrysoperla carnea* larvae.

Morel-Monges, Ariel<sup>1</sup> , Rojas, Marisa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Investigador independiente

Autor corresponsal –correo-e: arimorel1995@gmail.com

### Resumen

En este estudio realizado en el ETSIAAB de la Universidad Politécnica de Madrid en 2019, se evaluó la capacidad del depredador *Chrysoperla carnea* Stephens para discriminar entre larvas de *Spodoptera exigua* Hübner infectadas y no infectadas con el baculovirus SeMNPV, así como su preferencia alimentaria en presencia de una presa alternativa, el pulgón *Macrosiphum euphorbiae* Thomas. Las larvas de *S. exigua* fueron infectadas con la cepa CL95 de SeMNPV mediante una técnica de alimentación, y *C. carnea* tuvo la opción de elegir entre larvas infectadas y no infectadas de *S. exigua* en placas de Petri. En un ensayo separado, también se le ofreció la opción de elegir entre una larva infectada de *S. exigua* y el pulgón *M. euphorbiae*, así como entre una larva no infectada de *S. exigua* y el pulgón. Los ensayos incluyeron 48 repeticiones para la elección entre larvas infectadas y no infectadas de *S. exigua*, 40 repeticiones para las larvas de *C. carnea* eligiendo entre *S. exigua* infectada y pulgones, y 46 repeticiones para las larvas no infectadas de *S. exigua* y pulgones. Las variables evaluadas fueron la elección del depredador, el tiempo hasta el primer ataque y el tiempo total de alimentación. Los resultados mostraron que *C. carnea* se alimentó indistintamente de larvas infectadas o no infectadas de *S. exigua*, sin diferencias significativas en el tiempo de ataque ni en el tiempo total de alimentación. Sin embargo, en los ensayos con presa alternativa, *C. carnea* prefirió las larvas de *S. exigua* sobre el pulgón, aunque no se observaron diferencias en el tiempo de ataque. Estos hallazgos son relevantes para evaluar la sinergia entre enemigos naturales y agentes de control microbiológico en programas de Gestión Integrada de Plagas.

**Palabras clave:** Baculovirus, *Chrysoperla carnea*, *Spodoptera exigua*, *Macrosiphum euphorbiae*, noctuidos, SeMNPV.

### Abstract

In this study conducted at the ETSIAAB of the Polytechnic University of Madrid in 2019, the predator *Chrysoperla carnea* Stephens was evaluated for its ability to discriminate between infected and non-infected larvae of *Spodoptera exigua* Hübner with the baculovirus SeMNPV, as well as its feeding preference in the presence of an alternative prey, the aphid *Macrosiphum euphorbiae* Thomas. *S. exigua* larvae were infected with the CL95 strain of SeMNPV using a feeding technique, and *C. carnea* had the option to choose between infected and non-infected *S. exigua* larvae in Petri dishes. In a separate trial, *C. carnea* was also offered the choice between an infected *S. exigua* larva and the aphid *M. euphorbiae*, as well as between a non-infected *S. exigua* larva and the aphid. The trials included 48 repetitions for the choice between infected and non-infected *S. exigua* larvae, 40 repetitions for *C. carnea* larvae choosing between infected *S. exigua* and aphids, and 46 repetitions for non-infected *S. exigua* larvae and aphids. The variables assessed were predator choice, time to first attack, and total feeding time. The results showed that *C. carnea* fed indiscriminately on both infected and non-infected *S. exigua* larvae, with no significant differences in attack time or total feeding time. However, in trials with alternative prey, *C. carnea* preferred *S. exigua* larvae over the aphid, although no differences were observed in the attack time. These findings are relevant for evaluating the synergy between natural enemies and microbial control agents in Integrated Pest Management programs.

**Key words:** Baculovirus, *Chrysoperla carnea*, *Spodoptera exigua*, *Macrosiphum euphorbiae*, noctuids, SeMNPV

## 1. Introducción

Los baculovirus son virus específicos de artrópodos, particularmente de insectos de los órdenes Lepidóptera, Himenóptera y Díptera. Son importantes en agricultura por su potencial en el control biológico de plagas. Estos virus tienen un genoma de ADN de doble cadena, y su ciclo de infección incluye dos tipos de viriones: ODV (virus derivados de oclusión) y BV (viriones brotados). Los ODV se liberan en el intestino medio del insecto y comienzan la infección, mientras que los BV son responsables de la propagación secundaria. Los baculovirus se dispersan tanto por factores bióticos (huéspedes, depredadores, parasitoides) como abióticos (viento, lluvia) y son una herramienta útil en el control de plagas resistentes a insecticidas químicos (Moscardi et al., 2011; Beas-Catena et al., 2014; Williams et al., 2017; Boogaard et al., 2018; Rohrmann, 2019).

*Spodoptera exigua*, conocida como polilla del gusano gris, es una plaga global que afecta a cultivos agrícolas y ornamentales. Sus larvas son las responsables de los daños a los cultivos, ya que son voraces herbívoras. Esta plaga tiene una alta tasa de reproducción y su ciclo de vida puede completarse en 24 días. Aunque existen métodos de control, como los insecticidas y los entomopatógenos, *S. exigua* ha desarrollado resistencia a varios insecticidas. El control biológico con *Bacillus thuringiensis* y el baculovirus específico SeMNPV son opciones efectivas (Belda, 1994; Capinera, 2008; Cuadrado, 2023; Martín-Gil y Alcázar-Albar, 2021).

*Chrysoperla carnea* es un depredador generalista utilizado en programas de control biológico. Es voraz, especialmente en su estadio larval, y se alimenta de una amplia variedad de insectos, como pulgones, ácaros y larvas de lepidópteros. Este insecto se utiliza para controlar plagas agrícolas debido a su alta tasa de depredación, resistencia a pesticidas y capacidad de ser criado en condiciones comerciales. Además, se ha demostrado que puede contribuir a la dispersión de baculovirus, ya que, al consumir insectos infectados, puede excretar OBs viables o dispersar el virus físicamente en las plantas (Tauber et al, 2000; McEwen et al, 2001; Medina et al., 2003; CABI, 2019).

*Macrosiphum euphorbiae* es un áfido conocido por ser un parásito de diversas plantas, causando daños al alimentarse de la savia y transmitiendo virus de plantas. Su manejo es importante en agricultura debido a los daños que puede causar en cultivos, y la intervención de depredadores y enemigos naturales, como *C. carnea*, puede ayudar a su control (Cañedo et al., 2011; Andorno et al., 2014).

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Localización de la investigación y materiales biológicos utilizados

La investigación se realizó en los laboratorios de entomología y de baculovirus de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en España durante el año 2019. Los materiales biológicos utilizados, los virus fueron proporcionados por el Departamento de Producción Agraria de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) correspondiente al Multinucleopoliedrovirus específico de *Spodoptera exigua* (SeMNPV) a una concentración madre de  $1.64 \times 10^{10}$  OBs/mL. Mientras que los insectos, *S. exigua* fueron criados de ejemplares proporcionados por la UPNA, dichos insectos se mantenían en condiciones controladas de  $25 \pm 2$  ° C,  $65\% \pm 10\%$  de humedad

relativa y fotoperiodo de 16:8 h luz: oscuridad. Se colocaron 50 larvas en cajas de plástico de 29 x 19 x 6 cm con rejilla metálica en la tapa para permitir la aireación, dentro de las cajas se le proveía de dieta artificial y se alimentaron *ad libitum*. La cría de *C. carnea* se obtuvo de una colonia de Agrobío® (Almería, España) bajo las condiciones mencionadas anteriormente y los bioensayos se realizaron a partir de la primera generación de adultos. Las larvas de *C. carnea* se alimentaron *ad libitum* con dieta basada en huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) y *Artemia* spp. en proporción de 10 y 50 g respectivamente. La dieta se obtuvo de Koppert® (Berkel en Rodenrijs, Países Bajos). Una vez que fueron llevadas las larvas de *C. carnea* al Laboratorio de Baculovirus, se mantenía a los insectos en cámaras climáticas y de temperatura Sanyo® a una temperatura de 25° C ± 2° C y con una humedad relativa promedio de 60% ± 5% y un fotoperiodo de 16:8 h luz:oscuridad. Los pulgones de *M. euphorbiae* utilizados en el experimento fueron suministrados por el laboratorio del Departamento de Protección Vegetal del Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC)

## 2.2 Bioensayo de elección entre larvas no infectadas e infectadas de *S. exigua* con SeMNPV 3 d.p.i.

El bioensayo de elección se realizó con 48 repeticiones, cada una con una larva no infectada e infectada de *S. exigua* con el baculovirus SeMNPV y una larva de *C. carnea*. Las larvas L2 infectadas (<24 h desde la muda) se inocularon con la CL<sub>95</sub> de SeMNPV. La inoculación se realizó mediante la técnica de ingestión utilizada por Hughes y Wood (Fig. 1), dichas larvas fueron privadas de alimentación las 24 h previas a la inoculación. Para el bioensayo, grupos de 45 larvas se alimentaron *ad libitum* durante 10 minutos con una gota basada en una solución de sacarosa al 15% (peso/volumen) a la que se agregaron 250 µl de colorante azul alimenticio ProGel® como indicador, con la CL<sub>95</sub> de SeMNPV a 1,9 x 10<sup>5</sup> OBS/mL (Gutiérrez et al., 2020). Antes del bioensayo, las larvas de *S. exigua* se mantuvieron en ayuno durante 24 h. La evolución de la enfermedad se llevó a cabo en larvas de *S. exigua* y de 3 d.p.i. (días post-inoculación). Las larvas no infectadas de *S. exigua* nunca estuvieron en contacto con el virus. En este estudio experimental, se utilizó una placa de Petri de 100 x 15 mm como unidad de ensayo para evaluar la respuesta de *Chrysoperla carnea* (larva L3) frente a *Spodoptera exigua* (larvas no infectadas y larvas infectadas con baculovirus). El diseño experimental consistió en la impresión de hojas con cuatro formas circulares de tamaño similar a las placas de Petri, cada una dividida por una línea central, donde se asignaron las leyendas "LS" (Larvas "Sanas" no infectadas) y "LI" (Larvas Infectadas). Sobre cada área correspondiente se colocó una larva no infectada de *S. exigua* y una larva infectada con baculovirus (3 días post infección, d.p.i.). Posteriormente, se colocó una larva L3 de *C. carnea* en el centro de la placa, que había sido previamente mantenida en ayuno durante 24 horas para facilitar su elección. El experimento fue monitoreado por tres observadores, quienes verificaron simultáneamente cuatro placas de Petri. Las observaciones se realizaron en intervalos de 30 minutos para evaluar la respuesta de las larvas de *C. carnea*. Si no se obtenía una respuesta durante el tiempo estipulado, se registraba como "sin respuesta". Este enfoque experimental permitió estudiar las preferencias de *C. carnea* en la elección entre larvas no infectadas e infectadas de *S. exigua*. Las variables evaluadas fueron la elección de *C. carnea*, el tiempo del primer ataque y el tiempo total de alimentación, el cual se contabilizó hasta que la larva de *C. carnea* liberó el

tegumento de la larva de *S. exigua* de sus mandíbulas o cuando se observó que la larva de *S. exigua* quedaba totalmente consumida excepto el tegumento.

### Figura 1

Larva de *Spodoptera exigua* con coloración azul debido a la técnica de ingestión utilizada por Hughes y Wood (1981).



### 2.3. Bioensayo de elección con presa alternativa

Se realizaron 40 repeticiones para la elección de *C. carnea* entre larvas de *S. exigua* infectadas con el baculovirus SeMNPV 3 d.p.i. que fueron inoculadas con la CL<sub>95</sub> y el adulto del pulgón *M. euphorbiae*. Paralelamente a ese ensayo se realizaron 46 repeticiones de elección de cada larva de *C. carnea* entre larvas de *S. exigua* no infectadas y un adulto de *M. euphorbiae*. En ambos casos, las larvas fueron inoculadas con la técnica de ingestión de gota descrita y también se mantuvieron sin alimentos durante 24 horas previas a la inoculación. En este caso, las variables que se tomaron en cuenta fueron la elección por parte del depredador y el tiempo del primer ataque sin tenerse en cuenta el tiempo de alimentación debido a que se considera no tener importancia por ser diferentes en tamaño la larva de *S. exigua* y el adulto de *M. euphorbiae*.

### 2.4. Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos de la elección se analizaron mediante una prueba de  $\chi^2$  y los resultados del tiempo de primer ataque y tiempo de alimentación se analizaron mediante un ANOVA con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVIII versión 18.1.06 (Statpoint Technologies Inc. Warrenton, Virginia, US).

## 3. Resultados y Discusión

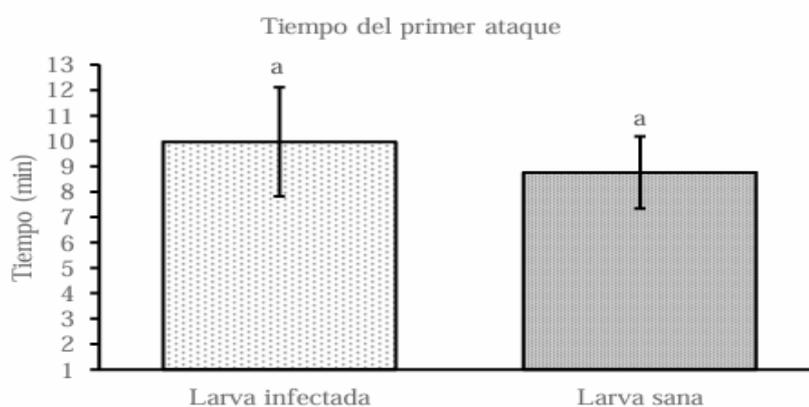
### 3.1. Bioensayo de elección entre larvas no infectadas e infectadas de *S. exigua* por parte de larvas L3 de *C. carnea*

Los resultados obtenidos indican que las larvas de *C. carnea* son capaces de atacar larvas no infectadas e infectadas de *S. exigua*. De acuerdo con las observaciones de 30 min, del bioensayo de elección realizado con *C. carnea* y larvas de *S. exigua* no infectadas e infectadas con la CL<sub>95</sub> de SeMNPV con 3 d.p.i. como presa, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para la elección ( $\chi^2 = 0,758$ ;  $df = 1$ ;  $P = 0,95$ ). Así, 22 ataques fueron contra larvas no infectadas,

mientras que, para las larvas infectadas, se registraron 20 ataques respectivamente. Para el tiempo del primer ataque no se registraron diferencias significativas ( $F = 0,23$ ;  $df = 1$ ;  $40$ ,  $P = 0,6358$ ), entre el tiempo del primer ataque hacia larvas no infectadas que fue de 8,75 min y las larvas infectadas con 9,96 min, respectivamente (Fig. 2). Los histogramas se basan en observaciones (repeticiones) de 30 minutos de 42 ataques de *C. carnea*, que fueron las que tuvieron respuestas favorables en ataques a las larvas disponibles en el ensayo. Para el caso del tiempo de alimentación, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $F = 3,15$ ;  $df = 1$ ;  $40$ ,  $P = 0,0834$ ), con un tiempo de alimentación de 13,76 min para larvas no infectadas y 9,91 min para larvas infectadas, respectivamente.

## Figura 2

Tiempo de primer ataque para larvas infectadas con  $CL_{95}$  de SeMNPV 3 dpi y no infectadas de *S. exigua* a partir del bioensayo de elección realizado con *C. carnea*.



Lo que nos indican los resultados obtenidos es que la larva de *C. carnea* no es capaz de discriminar una larva infectada de una no infectada por el baculovirus, sino que ataca a la presa que atrapa de casualidad y sin oponer demasiada resistencia, aunque en algunos casos no atacó a ninguna larva independientemente a fueran las infectadas o no infectadas.

El depredador generalista *C. carnea* presenta una gran variedad de presas y se puede encontrar en sistemas agrícolas contribuyendo a la regulación de la población de algunas plagas (Tauber et al., 2000; McEwen et al., 2001), motivo por el cual fue seleccionado como organismo no objetivo en esta investigación. Es también un depredador muy utilizado debido a su fácil reproducción en condiciones de laboratorio además de su disponibilidad comercial muy amplia (Wang y Nordlund, 1994; Daane et al., 1998). Otra razón de suma importancia es debido a que la utilización de baculovirus para control biológico de plagas representa una alternativa sostenible utilizada en gran parte del mundo (Slavicek, 2012; Clem y Passarelli, 2013; Song et al., 2016). Las larvas de *S. exigua* infectadas que se ofrecieron a las larvas L3 de *C. carnea* presentaban un alto nivel de infección, debido a que se intentó simular un escenario de condiciones a campo, en el cual, *C. carnea* podría atacar y alimentarse exclusivamente de larvas infectadas, una vez que se hubiera llevado a cabo la aplicación inundativa de estos baculovirus, y por su parte, las larvas no infectadas que se ofrecieron a las larvas de *C. carnea* no tuvieron contacto alguno con los baculovirus hasta el momento de la realización del ensayo. Las larvas que fueron previamente alimentadas con  $CL_{95}$  de

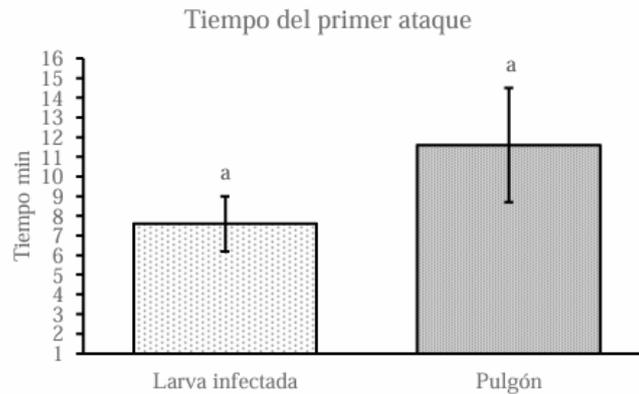
SeMNPV y 3 d.p.i, permanecieron con vida hasta la realización del ensayo, aunque era posible detectar efectos propios de la infección por baculovirus, como son la inhibición del desarrollo larvario (Han et al., 2015) palidez, movimientos deambulatorios y pérdida del apetito, siendo estos síntomas típicos derivados de la infección por baculovirus (van Houte et al., 2012; Han et al., 2015). En las pruebas de elección, se demostró que las larvas de *C. carnea* no mostraron preferencia alguna por larvas no infectadas o infectadas de *S. exigua*, que coinciden con los resultados obtenidos por Boughton et al. (2003), quienes determinaron la elección de *C. carnea* en presas no infectadas o infectadas con dos cepas de baculovirus, una de las cuales fue obtenida de campo y la otra fue genéticamente modificada (AcMLF9 y AcMNPV C6), 29 respectivamente, sin tener preferencia por ninguna de las presas. Esto es debido al comportamiento depredador de las larvas de *C. carnea*, que consiste en la constante búsqueda de presas cuando están hambrientas. En estas condiciones, la búsqueda va en aumento a medida que aumenta la inanición (Sengonca et al., 1995), y el descubrimiento de estas posibles presas ocurre al azar, indistintamente de si la presa está sana o infectada, aunque puede estar ligeramente estimulada por compuestos dulces de insectos chupadores, savia o escamas de lepidópteros, siempre y cuando estemos hablando de una distancia reducida. Todas esas razones condicionan la identificación de la presa por contacto o la antena, seguido por la exploración de las mandíbulas hasta lograr un reconocimiento químico positivo (Canard, 2001). Estos resultados en cambio no coinciden con los resultados obtenidos por Clemente-Pérez et al., 2018, en donde encontraron que las larvas de *C. carnea* tuvieron una cierta preferencia hacia las larvas infectadas con el baculovirus de *Anticarsia gemmatalis*. Sus bioensayos fueron realizados con el Nucleopoliedrovirus de *A. gemmatalis* con 24 horas post-inoculación (p.i.), 48 horas p.i. y 72 horas p.i., sin preferencia en el ensayo de 24 horas p.i., y en los dos restantes con una cierta preferencia por las larvas infectadas. Los autores no dan ninguna explicación razonable de los resultados de su experimento. Estos resultados difieren también de los obtenidos por Castillejos et al. (2001), los cuales mencionan que las larvas de *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae) tuvieron preferencia por atacar a larvas no infectadas de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) probablemente porque las larvas no infectadas eran más vigorosas, por tanto, más evidentes para el depredador en comparación con las infectadas con el baculovirus.

### 3.2. Bioensayo de elección entre larvas infectadas de *S. exigua* y *M. euphorbiae*

Los resultados indican que las larvas de *C. carnea* son capaces de atacar larvas infectadas de *S. exigua* y adultos ápteros de pulgón. En base a las observaciones realizadas de 30 minutos en el bioensayo de elección, realizado de la misma manera con larvas L3 de *C. carnea* y con larvas de *S. exigua* infectadas con la CL<sub>95</sub> de SeMNPV con 3 d.p.i. y adultos ápteros *M. euphorbiae*, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, registrándose 33 ataques hacia *S. exigua* infectada y 7 hacia el pulgón ( $\chi^2 = 9,448$ ;  $df = 1$ ;  $P = 0,0021$ ). En el caso del tiempo de primer ataque, no se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $F = 1,44$ ;  $df = 1$ ;  $38$ ,  $P = 0,2381$ ), con un tiempo de primer ataque de 7,6 min para larvas infectadas, mientras que, para el caso de *M. euphorbiae*, el tiempo de primer ataque fue de 11,6 min (Fig. 3).

#### Figura 3

Tiempo del primer ataque entre larvas L3 de *C. carnea* hacia larvas de *S. exigua* infectadas con la CL<sub>95</sub> de SeMNPV 3 d.p.i. y adultos de *M. euphorbiae*

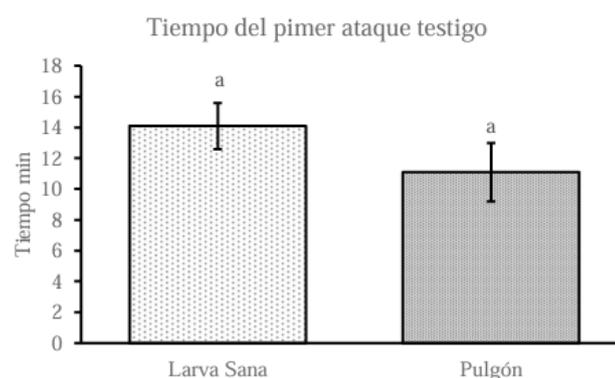


### 3.3. Bioensayo de Elección entre larvas no infectadas de *S. exigua* y *M. euphorbiae*

Los resultados indican que las larvas de *C. carnea* son capaces de atacar larvas no infectadas de *S. exigua* y adultos ápteros de pulgón. Según las observaciones realizadas de 30 minutos en el bioensayo de elección, realizado con larvas L3 de *C. carnea* y larvas de *S. exigua* no infectadas y adultos ápteros *M. euphorbiae*, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, dando como registro de ataques 34 para *S. exigua* no infectada y 12 para el pulgón ( $\chi^2 = 5,580$ ;  $df = 1$ ;  $P = 0,0182$ ). En el caso del tiempo de primer ataque, no se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $F = 1,02$ ;  $df = 1$ ;  $45$ ,  $P = 0,3171$ ), con un tiempo de primer ataque de 14,1 min para larvas no infectadas, mientras que, para el caso de *M. euphorbiae*, el tiempo de primer ataque fue de 11,1 min (Fig. 4).

#### Figura 4

Tiempo del primer ataque de larvas L3 de *C. carnea* hacia larvas de *S. exigua* no infectadas y adultos de *M. euphorbiae*



En este bioensayo de elección de las larvas L3 de *C. carnea* entre larvas de *S. exigua* infectada con SeMNPV 3 d.p.i. y no infectadas con pulgones, los resultados de este trabajo indican que hay diferencias significativas en la preferencia de presa, en este caso, a favor de las larvas de *S. exigua*. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Huang y Enkegaard (2010), donde las larvas L3 de *C. carnea* mostraron preferencia de ataque 30 hacia las larvas no infectadas de *Pieris brassicae* Linnaeus (Lepidoptera: Pieridae) sobre el pulgón *Brevicoryne brassicae* Linnaeus (Hemiptera:

Aphididae). Aunque estudios anteriores parecen mostrar que las larvas de lepidópteros no tienen tan buenas características nutricionales para las crisopas como los pulgones, el trabajo de Huang y Enkegaard (2010), como el de otros autores, demuestra que las larvas de *P. brassicae* y sus huevos son ambos de buena calidad para el desarrollo larvario. En nuestro trabajo, los resultados obtenidos se explican por una mayor movilidad del pulgón en relación a la otra presa, ya estuviera ésta infectada o no.

#### 4. Conclusiones

---

Las larvas L3 de *C. carnea* no son capaces de discriminar entre el consumo de larvas no infectadas o infectadas de *S. exigua* con el baculovirus SeMNPV con 3 d.p.i. En nuestro estudio se demostró que *C. carnea* presentó preferencia clara hacia larvas de *S. exigua* en comparación con adultos de *M. euphorbiae*, debido a las características biológicas del pulgón que dificultan su captura. Finalmente, estos resultados son importantes en la evaluación de las posibles sinergias del uso de enemigos naturales de plagas (depredadores) y agentes de control microbiológico dentro de un programa de Gestión Integrada de Plagas.

#### 5. Agradecimientos

---

Agradecemos a todos los profesores, técnicos y compañeros del laboratorio de Protección Vegetal de la Universidad Politécnica de Madrid durante la realización de toda la investigación.

#### 6. Financiamiento

---

Esta investigación se realizó durante la realización del Trabajo Fin de Máster de Fernando Ariel Morel Monges durante la beca otorgada por el Ministerio de Hacienda mediante el programa de Becas de Postgrado en el Exterior Don Carlos Antonio López.

#### 7. Aspectos éticos

---

Los autores declaran que, debido a la naturaleza de este estudio, el cual se basa en análisis de gabinete y no involucra la participación directa de sujetos humanos, animales u otros aspectos éticamente sensibles, no aplican aspectos éticos en el proceso de investigación.

#### 8. Conflictos de interés

---

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés que pueda influir en la objetividad o imparcialidad de los resultados presentados en este artículo.

#### 9. Referencias

---

Andorno, A.V., Botto, E.N., La Rossa, F.R. y Möhle, R. 2014. Control biológico de áfidos por métodos conservativos en cultivos hortícolas y aromáticas. Ediciones INTA. Argentina. 48 pp.

- Beas-Catena, A., Sánchez-Mirón, A., García-Camacho, F., Contreras-Gómez, A., Molina-Grima, E. 2014. Baculovirus biopesticides: an overview. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(2).
- Belda, J.E. 1994. Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero. PhD Thesis. Universidad de Almería, Almería, España.
- Boogaard, B., Van Oers, M.M., Van Lent, J.W. 2018. An advanced view on baculovirus per os infectivity factors. *Insects*, 9(3): 84.
- Boughton, A.J., Obrycki, J.J., Bonning, B.C. 2003. Effects of a protease-expressing recombinant baculovirus on nontarget insect predators of *Heliothis virescens*. *Biological Control*, 28(1): 101-110.
- Canard, M. 2001. Natural food and feeding habits of lacewings pp. 116-130. In: McEwen, P., New, T., Whittington, A. (Eds.). *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 564 pp.
- Cañedo, V., Alfaro, A., Kroschel, J. 2011. Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 48 pp.
- Capinera, J.L. 2008. Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). In: Capinera, J.L. (Ed.), *Encyclopedia of Entomology*. Springer Netherlands, Dordrecht, Netherlands, pp. 434-437.
- Castillejos, V., García, L., Ciseneros, J., Goulson, D., Cave, R., Caballero, P., Williams, T. 2001. The potential of *Chrysoperla rufilabris* and *Doru taeniatum* as agents for dispersal of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus in maize. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98: 353–359.
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2019. Invasive Species Compendium. *Chrysoperla carnea* (Aphid Lion). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/13194>.
- Clem, R.J., Passarelli, A.L. 2013. Baculoviruses: Sophisticated pathogens of insects. *PLoS Pathogens*, 9: e1003729.
- Clemente-Perez, G., Arcos-Cavazos, G., González-Gaona, O.J., Pérez-Arriaga, E., Flores-Gracia, J., Azuara-Domínguez, A. 2018. Preferencia de *Chrysoperla carnea* Stephens por larvas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner sanas e infectadas con el nucleopoliedrovirus de *A. gemmatalis* (AgNPV). *Southwestern Entomologist*, 43(4): 1021-1028.
- Cuadrado, C.R. 2023. Guía de gestión integrada de plagas. Curcubitáceas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. <https://cpage.mpr.gob.es/>. 98-102 pp.
- Daane, K.M., Hagen, K.S., Mills, N.J. 1998. Predaceous insects for insect and mite control, pp. 61-115. In: Ridgway, R.L., Hoffmann, M.P., Inscoe, M.N., Glenister, C.S. (Eds.), *Mass-reared natural enemies: application, regulation, and needs*. Thomas Say Publications in Entomology. Entomological Society of America, Lanham, MD.

- Gutiérrez-Cárdenas, O.G., Adán, Á., Beperet, I., Medina, P., Caballero, P., Garzón, A. 2020. The role of *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae) as a potential dispersive agent of noctuid baculoviruses. *Insects*, 11, 760.
- Han, Y., van Houte, S., Drees, G.F., van Oers, M.M., Ros, V.I. 2015. Parasitic manipulation of host behaviour: Baculovirus SeMNPV EGT facilitates tree-top disease in *Spodoptera exigua* larvae by extending the time to death. *Insects*, 6: 716-731.
- Huang, N., Enkegaard, A. 2010. Capacidad de depredación y preferencia de presa de *Chrysoperla carnea* en *Pieris brassicae*. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9254-5>.
- Hughes, P.R., Wood, H.A. 1981. A synchronous peroral technique for the bioassay of insect viruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, 37: 154-159.
- Martín-Gil, A., Alcázar-Alba, M.D. 2021. Guía de gestión integrada de plagas. Solanáceas Berenjena, Pimiento y Tomate. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. <https://cpage.mpr.gob.es/>. 242 pp.
- McEwen, P.K., New, T.R.R., Whittington, A. 2001. Lacewing in the crop management. Cambridge University Press.
- Medina, P., Smagghe, G., Budia, F., Tirry, L., Viñuela, E. 2003. Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxyfen, and tebufenozide after direct spray in predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ Entomol*, 32: 196–203.
- Moscardi, F., Souza, M.L., Castro, M.E.B., Moscardi, M., Szewczyk, B. 2011. Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. In: Ahmad, I., Ahmad, F., Pichtel, J. (Eds.), *Microbes and Microbial Technology*. Springer, New York, USA, pp. 415-445.
- Rohrmann, G.F. 2019. Baculovirus molecular biology.
- Sengonca, C., Kotikal, Y.K., Schade, M. 1995. Olfactory reactions of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae) and *Chrysopa perla* (Stephens) (Neur.: Chrysopidae) in relation to period of starvation. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 68(1): 9-12.
- Slavicek, J.M. 2012. Baculovirus enhancins and their role in viral pathogenicity. *Molecular Virology*, 147-168.
- Song, J., Wang, X., Hou, D., Huang, H., Liu, X., Deng, F., Wang, H., Arif, B.M., Hu, Z., Wang, M. 2016. The host specificities of baculovirus per os infectivity factors. *PLoS One*, 11: e0159862.
- Statgraphics Centurion XVIII, 2018. Statgraphics Centurion XVI User's Manual. Statpoint Technologies Inc., Warrenton, Virginia, USA.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Daane, K.M., Hagen, K.S. 2000. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). *American Entomologist*, 46: 26-38.
- van Houte, S., Ros, V.I., Mastenbroek, T.G., Vendrig, N.J., Hoover, K., Spitzen, J., van Oers, M.M. 2012. Protein tyrosine phosphatase-induced hyperactivity is a conserved strategy of a subset of baculoviruses to manipulate lepidopteran host behavior. *PLoS Pathog*, 8: e1002669.

---

Williams, T., Joffe, D. 2009. Viruses as biological control agents for insect pests in tropical environments: A review. *Biological Control*, 49: 194-199.

Winkler, M., Streitenberger, S., Balzer, T., Wilke, D., Miller, T. 2010. Integrated pest management with *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in vineyards in Germany. *Journal of Pest Science*, 83(2): 153-161.

