
Potencial de *Troglodytes aedon* como controladora biológica de insectos en un viñedo de Mendoza

Juan Ignacio Condeno Angela

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza, Argentina
Octubre 2023

Potencial de *Troglodytes aedon* como controladora biológica de insectos en un viñedo de Mendoza

❖ **AUTOR: Juan Ignacio Condono Angela**

Correo electrónico: juancondono@gmail.com

❖ **DIRECTOR: Dr. en Ciencias Biológicas Agustín Zarco**

Correo electrónico: azarco@mendoza-conicet.gob.ar

❖ **CO-DIRECTOR: Dr. en Ciencias Naturales Guillermo Debandi**

Correo electrónico: debandi.guillermo@inta.gob.ar

COMISIÓN EVALUADORA:

❖ **Ing. Agrónoma Ms. Sc. Silvina Greco**

Correo electrónico: sgreco@fca.uncu.edu.ar

❖ **Ing. en Recursos Naturales Renovables Andrea Fruitos**

Correo electrónico: afruitos@fca.uncu.edu.ar

❖ **Dra. en Ciencias Biológicas Paula Garrido**

Correo electrónico: pgarrido@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN

Los agroecosistemas vitícolas de Mendoza albergan una gran diversidad de enemigos naturales de insectos plaga. Sin embargo, son escasos los estudios sobre el control biológico de insectos llevado a cabo por vertebrados. Particularmente las aves, uno de los grupos animales más diversos, han sido tradicionalmente consideradas como importantes controladoras de invertebrados herbívoros en cultivos.

En Mendoza habita *Troglodytes aedon*, un ave exclusivamente insectívora presente tanto en áreas urbanas como rurales. La especie tiene la particularidad de anidar en cavidades naturales o artificiales, lo que permite el aumento de su población en los agroecosistemas mediante la oferta de cajas nido.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el potencial de *T. aedon* como controladora biológica de insectos, durante la época reproductiva, en un viñedo de Las Compuertas, Luján de Cuyo. Para evaluar su potencial en el control biológico se realizaron ensayos bajo aproximaciones experimentales y observacionales. Se cuantificó el consumo de larvas de lepidóptero, comparando cajas nido con pichones y cajas nido vacías. Se obtuvieron diferencias significativas entre ambas situaciones, contrarias a las predichas, aunque se interpreta que esto no es un efecto del ave. Se identificaron a nivel de orden las presas con las que *T. aedon* alimenta a sus crías, asignándolas luego a grupos funcionales. Los órdenes más consumidos fueron Coleoptera, Lepidoptera y Araneae, siendo mayor la proporción de consumo de insectos herbívoros sobre los depredadores. Además, se determinaron los sitios de forrajeo de *T. aedon*, siendo más frecuente el viñedo que los bordes y que las zonas aledañas al viñedo. El radio de acción de forrajeo fue de 50 m con respecto a la caja nido, y la mayor frecuencia de captura de presas se observó a distancias inferiores a los 10 m.

En base a los resultados obtenidos se puede considerar que *T. aedon* cumple con las características deseables de un controlador biológico de invertebrados en cultivos de vid. Se plantean futuros estudios para ampliar el conocimiento del rol de la especie sobre las plagas.

Palabras clave: enemigos naturales de plagas, *Troglodytes aedon*, cajas nido, viñedos, distancia de forrajeo.

ABSTRACT

Vineyard agroecosystems in Mendoza harbor a rich diversity of natural enemies of insect pests. Nevertheless, studies on vertebrate-driven biological insect control are scarce. Birds, particularly one of the most diverse animal groups, have traditionally been regarded as significant regulators of herbivorous invertebrates in crops.

In Mendoza, *Troglodytes aedon*, an exclusively insectivorous bird, resides in both urban and rural areas. This species possesses the distinctive behavior of nesting in natural or artificial cavities, thereby facilitating its population increase in agroecosystems by providing nest boxes.

The objective of this study was to assess the potential of *T. aedon* as a biological insect controller, during the reproductive season, in a vineyard located in Las Compuertas, Luján de Cuyo. To evaluate its potential in biological control, experiments were conducted using both experimental and observational approaches. Larval consumption of lepidopteran insects was quantified by comparing nest boxes with nestlings and empty nest boxes. Significant differences were observed between these situations, contrary to the initial predictions, although it was interpreted that this was not due to the bird's influence. Prey items provided to *T. aedon* offspring were identified at the order level and later categorized into functional groups. The most consumed orders included Coleoptera, Lepidoptera, and Araneae, with more herbivorous insects being consumed over predators. Also, *T. aedon* foraging sites were determined, with a higher preference for vineyards over the edges and surrounding areas. The foraging range extended up to 50 m from the nest box, and the highest prey capture frequency was observed at distances less than 10 m.

Based on the results obtained, it can be concluded that *T. aedon* exhibits the desirable characteristics of a biological controller of invertebrates in vineyard crops. Future studies are proposed to further expand our understanding of this species' role in pest management.

Keywords: Natural pest's enemies, *Troglodytes aedon*, nest boxes, vineyards, foraging distance.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi madre Eliana, quien me permitió estudiar y me brindó su apoyo durante todos los años que pasé en la facultad.

A mis hermanos Flora, Yanta, Franco y Sofi, mis primeros amigos.

A Marcelo, un apoyo importante los últimos años de mi vida.

A mis abuelos, tíos y primos.

A Mati, Cufa, Mauro y Anto, con quienes llevo creciendo media vida.

A Juanchi, Marcos, Berna, Brunito, Juanfra, John, Pillo, Peñi, Sosiña, Adri, Tinchí, Mari, Nati, Marti, Cin, Luji, Yesi, Andrés, Meli, Sofi, Luci, Maikis, Negra Belén, Aldi, Emi, Sol, y cada persona que me dejó la facultad, quienes me han acompañado durante tantos años y han sido una fuente importantísima de crecimiento y aprendizaje en todos los aspectos de la vida.

A mis amigos de la vida, Pablito, Mari, Juancito, Tomi, y Turco quienes también han sido pilares importantes.

A mis directores Agus y Guille, por su paciencia y todas las enseñanzas que me dejaron durante el proceso de esta tesis.

A Dani, Iva y demás integrantes de Terrazas de Los Andes, por el espacio para el desarrollo de este proyecto y la buena predisposición de siempre.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, a cada profesor y profesora que tuve, a la educación pública que tanto me ha dado.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.OBJETIVOS.....	3
3.HIPÓTESIS Y PREDICCIONES.....	3
4.MARCO TEÓRICO.....	3
5.MATERIALES Y METODOLOGÍA	
-DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
-CONSUMO DE LARVAS DE LEPIDÓPTERO.....	8
-PRESAS DE PICHONES DE <i>Troglodytes aedon</i>	10
-IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DE FORRAJEY Y RADIO DE ACCIÓN...	11
6.RESULTADOS	
-CONSUMO DE LARVAS DE LEPIDÓPTERO.....	12
-PRESAS CONSUMIDAS POR PICHONES DE <i>Troglodytes aedon</i>	13
-IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DE FORRAJEY Y RADIO DE ACCIÓN...	14
7.DISCUSIÓN.....	16
8.CONCLUSIONES.....	18
9.BIBLIOGRAFÍA	19

1. INTRODUCCIÓN

El auge de la vitivinicultura en Mendoza se dió a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, representando para 1914 el 76% del PBI provincial (Delfini 2007). A partir de la década de 1950, la revolución verde instauró nuevos conceptos productivos como las altas tasas de productividad agrícola basadas en la producción de monocultivos a gran escala, el uso de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y maquinaria de alta tecnología (Cecon 2008). Esto tuvo gran impacto a nivel provincial, derivando en la reestructuración de los procesos productivos por la adopción de nuevas técnicas y tecnologías, tanto en los viñedos como en la producción del vino en bodega (Delfini 2007). Así, se estableció en la provincia el modelo productivo de la vitivinicultura moderna. Sin embargo, a pesar de la optimización de los procesos a nivel técnico y tecnológico y el consecuente aumento de producción de uvas y vinos, el uso desmedido de agroquímicos y las técnicas de manejo utilizadas han generado desde entonces numerosos impactos ambientales. Entre estos impactos podemos nombrar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Altieri 2009), la degradación de los suelos, la contaminación atmosférica (Callegaris 2017), la erosión genética de las variedades vegetales por la simplificación de los agroecosistemas al organizarlos en monocultivos, e impactos directos de los agroquímicos sobre organismos polinizadores, enemigos naturales de plagas y la vida silvestre en general (Triviño y Smith 2015).

En respuesta a las consecuencias ambientales del modelo productivo convencional de la vitivinicultura, en los últimos años en Mendoza se comenzó a evolucionar hacia otras formas de producción con mayor responsabilidad en el cuidado de los ecosistemas (Van den Bosch *et al.* 2018). Ejemplo de ello son la agricultura orgánica, la agricultura regenerativa, o la agroecología, formas de producción que aportan estrategias y criterios para el diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas sustentables (Sarandón y Marasas 2015). Si tenemos en cuenta que la vitivinicultura hoy en día sigue siendo la principal actividad agroindustrial de Mendoza (Barzola-Elizagaray y Engelman 2020), resulta fundamental continuar aumentando la adopción de estas formas de producción y profundizar en el desarrollo de técnicas de manejo del agroecosistema que sean más adecuadas ambientalmente.

Entre las estrategias que aportan las formas de producción agrícola mencionadas, una de ellas es la eliminación de insecticidas químicos, o la sustitución de los mismos por productos orgánicos y/o el control biológico de plagas (Santos y Domingues 2020). Este último, hace hincapié en el conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en el agroecosistema de interés. Hay tipos de control biológico que involucran el uso de enemigos naturales (como parasitoides, depredadores o patógenos; Rubio y Ferreres 2005) para combatir las plagas. En Mendoza habita un ave exclusivamente insectívora que podría ser considerada como enemiga natural de plagas y ser incluida en el diseño de técnicas de manejo de bajo impacto ambiental, la "Ratona" o "Pititorra" *Troglodytes aedon*.

Esta especie se encuentra presente tanto en áreas urbanas como rurales y su distribución abarca casi todo el continente americano. Entre otras características de interés para el control biológico, tiene la particularidad de anidar en cavidades (tanto naturales como artificiales), por lo que la oferta de cajas nido puede ser una técnica apropiada para el aumento de su abundancia en el agroecosistema. Con el objetivo de encontrar soluciones económicamente más viables y ecológicamente más adecuadas a los desafíos que presenta la vitivinicultura en Mendoza, surge el presente estudio que se basa en la evaluación del potencial de *T. aedon* como controladora biológica de insectos, durante la temporada reproductiva, en un viñedo de Las Compuertas, Luján de Cuyo, Mendoza.

2. OBJETIVOS

- OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial de *Troglodytes aedon* como controladora biológica de insectos, durante su época reproductiva (octubre a febrero), en un viñedo de Las Compuertas, Luján de Cuyo, Mendoza.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1-Cuantificar el consumo de larvas de lepidópteros por parte de *T. aedon* a diferentes distancias del nido;
- 2-Determinar los tipos de presas con las que *T. aedon* alimenta a sus crías;
- 3-Determinar los sitios y el radio de acción donde *T. aedon* se alimenta y busca comida para sus crías;

3. HIPÓTESIS Y PREDICCIONES

La hipótesis general del presente trabajo es que *Troglodytes aedon* es un ave con potencial para el control biológico de insectos en viñedos durante su temporada reproductiva.

La predicción para el objetivo específico 1 es que el consumo de larvas de lepidóptero es mayor en las cajas nido con pichones que en cajas vacías, y disminuye a medida que nos alejamos del nido.

En el caso de los objetivos específicos 2 y 3, no se generaron predicciones por tratarse de la obtención de datos descriptivos.

4. MARCO TEÓRICO

Agroecosistemas

Los agroecosistemas son un tipo especial de ecosistema, intermedios entre los ecosistemas naturales y urbanos, totalmente construidos por el humano. Estos tipos de ecosistemas son los que tienen mayor impacto en nuestras vidas, debido a que nos proveen de comida, fibras y tienen un rol importante en la calidad del ambiente (Odum 1984). A diferencia de los ecosistemas naturales, los agroecosistemas dependen de la intervención humana, y, en general, tienen poca diversidad genética y específica, alta productividad, baja eficiencia en el

aprovechamiento de los recursos disponibles, baja ocupación de nichos, y baja estabilidad y resiliencia (Sarandón 2002).

El uso de los recursos en los agroecosistemas puede hacerse más eficiente mediante, entre otras acciones, el aumento de la biodiversidad (Stupino *et al.* 2014). Existen técnicas sencillas que pueden generar cambios orientados a cumplir este objetivo. Por ejemplo, un manejo que permita la presencia de vegetación espontánea, podría tener impactos positivos como reducir la erosión, disminuir el lixiviado de nutrientes (Sarandón 2002), atrayendo a su vez a insectos benéficos, como polinizadores y enemigos naturales de plagas (López García *et al.* 2019).

Plagas agrícolas y control biológico por enemigos naturales

Dent (2000) define a una plaga, en términos agrícolas, como todo organismo que causa daños a cultivos o animales, en una magnitud suficiente para reducir el rendimiento y/o calidad del producto cosechado, generando pérdidas económicas para el productor. Afortunadamente, la mayoría de las plagas y organismos fitopatógenos tienen enemigos naturales que pueden ser aprovechados para combatir sus poblaciones (Rubio y Fereres 2005). El uso de estos enemigos naturales para regular las poblaciones plaga se denomina “control biológico de plagas” (Nicholls 2008). Comparado con otros métodos de control químico, el control biológico no presenta riesgos para la salud pública, no genera contaminación ambiental, y podría ser más rentable (Hanson 1993).

Principalmente se diferencian tres tipos de control biológico utilizando enemigos naturales: a) introducción de enemigos exóticos, b) cría masiva y liberación periódica de los enemigos en el lugar de interés, y c) conservación de los enemigos naturales nativos (Hanson 1993). En el presente estudio, el tipo de control biológico que nos interesa desarrollar es el *control biológico por conservación*. Esta estrategia se basa en la potenciación de los enemigos naturales ya presentes en el agroecosistema a través de cambios en las prácticas agrícolas, brindando las condiciones adecuadas para el aumento de sus poblaciones (Van Driesche *et al.* 2007).

En viñedos, el control de *Lobesia botrana* (una de las plagas más importante en Mendoza; Dagatti y Becerra 2015) por enemigos naturales puede ser llevado a cabo por numerosos predadores (arañas, aves, coccinélidos, entre otros; Becerra *et al.* 2015), y parasitoides (principalmente microhimenópteros parásitos de huevos; Babi 1990, Rossi 1993). En Mendoza se han logrado identificar enemigos naturales nativos e introducidos con potencial para controlar los distintos estadios de *L. botrana*, entre los que se citan principalmente avispas parasitoides (*Trichogramma sp.*, *Goniozus sp.*, *Conura sp.* y *Brachymeria panamensis*) y el neuróptero depredador *Chrysoperla sp.*, indicando que los agroecosistemas vitícolas albergan una rica diversidad de enemigos naturales (Dagatti *et al.* 2017). Sin embargo, escasean los estudios sobre el control biológico de insectos llevado a cabo por otros grupos de animales.

El rol de las aves como controladoras biológicas de insectos

Particularmente las aves, uno de los grupos más diversos entre los vertebrados, y que proveen numerosos servicios ecosistémicos (Alcamo 2003, Whelan *et al.* 2015), son tradicionalmente consideradas como importantes controladoras de invertebrados herbívoros en cultivos, siendo más efectivas como enemigas naturales de estos organismos que otros grupos de depredadores como murciélagos, primates, y sapos (Nyffeler *et al.* 2018). A pesar de ello, las poblaciones de aves en los cultivos se han visto disminuidas en las últimas décadas debido, principalmente, al incremento en el uso de pesticidas y la reducción de hábitats (Donald *et al.* 2001, 2002).

En este sentido, cobra importancia la construcción de agroecosistemas biodiversos, ya que por ejemplo aplicando prácticas de conservación de las aves insectívoras (como la oferta de cajas nido), puede aumentar la eliminación de artrópodos herbívoros y verse fortalecida la provisión de servicios ecosistémicos a los productores agrícolas (Jedlicka *et al.* 2011, 2017).

Troglodytes aedon

En Mendoza se encuentra un ave nativa exclusivamente insectívora que puede actuar como enemigo natural de artrópodos en viñedos, comúnmente conocida como “pitiitorra” o “ratona común” *Troglodytes aedon*. Esta especie pertenece a la familia Troglodytidae y posee una distribución geográfica que abarca desde el sur de Canadá hasta el sur de Chile, siendo uno de los Passeriformes de distribución más amplia en América (Johnson 1998). Sumado a su gran distribución, la especie tiene un buen estado de conservación, categorizado como “Preocupación Menor” (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2023).

En cuanto a sus hábitos alimenticios, es un ave que busca activamente sus presas entre el follaje y la corteza de las plantas (Kroodsma y Brewer 2005). Este comportamiento de búsqueda de alimento la convierte en una especie que podría tener potencial para el control biológico de insectos que consumen las hojas (como *Daktulosphaira vitifoliae*, *Naupactus xantographus*, *Eumorpha labruscae*, *L. botrana*; Strafile y Becerra, 2001) y/o que utilizan la corteza de la planta de vid para pupar o colocar huevos (como *D. vitifoliae*, *L. botrana*, *Calliopsida cinnabarina*; Strafile y Becerra 2001). Si bien es un ave de alimentación generalista, que consume muchos órdenes de invertebrados (arácnidos, gasterópodos, lepidópteros, etc.), se ha reconocido una preferencia por larvas maduras del orden Lepidoptera y especies de la familia Acrididae (Guinan y Sealy 1987, Bragagnolo *et al.* 2013, Álvarez-López 1984).

En cuanto a sus hábitos reproductivos, en Sudamérica *T. aedon* es principalmente monógama, con cuidado biparental y, durante la temporada reproductiva, ambos adultos participan en la construcción del nido (Llambías y Fernandez 2009). La estructura del nido suele ser invariable a lo largo de su distribución americana: una base rústica y voluminosa de ramitas entrelazadas, sobre la cual se arma una copa de material más suave (gramíneas, pelos, plumas, etc.), donde se depositan los huevos (Medrano *et al.* 2018). Habitualmente anida a menos de 2 m del suelo, pero puede hacerlo hasta 5 m de altura (Álvarez-López

1984). Al finalizar la construcción del nido, las hembras colocan, en el hemisferio sur, entre 4 y 6 huevos, realizando la incubación durante 13-14 días, y el periodo de polluelos en el nido es de 17 días (Llambías 2009). En Mendoza, la temporada de nidificación 2022/2023 fue desde octubre hasta febrero (observaciones personales).

Una particularidad de *T. aedon* es su capacidad de construir el nido en casi cualquier tipo de cavidad, con gran diversidad en los diámetros de entrada (Llambías y Fernandez 2009). A pesar de que generalmente utiliza árboles adultos o muertos en pie, puede también anidar en otros tipos de cavidades naturales, construcciones humanas y cajas nido (Brewer 2001). Esta característica puede presentar una oportunidad para favorecer el establecimiento de la especie en áreas rurales, al aumentar la oferta de espacios de anidamiento colocando cajas nido (Purcell *et al.* 1997, Eadie *et al.* 1998).

Según un estudio previo (Llambías y Fernandez 2009), las cajas nido aumentan el éxito reproductivo de *T. aedon* principalmente debido a que, en primer lugar, por las dimensiones y características de las mismas disminuye la depredación sobre los huevos y pichones con respecto a los nidos encontrados en cavidades naturales de árboles. En segundo lugar, presentan menos problemas asociados a las condiciones climáticas, como la inundación del nido debido a precipitaciones, pudiendo generar la mortalidad de los huevos y pichones llevando a que los nidos sean abandonados por los adultos. En este mismo estudio, realizado en una población de la provincia de Buenos Aires, se encontró que la probabilidad de que un huevo abandone exitosamente el nido como juvenil fue del 66% en cajas nido, pero sólo del 25% en cavidades naturales. Por otro lado, si bien las cajas nido no afectan el tamaño de las puestas en la población de *T. aedon* ni su sistema de apareamiento, si afectan la elección de los machos por parte de las hembras, observándose que las mismas encuentran más atractivos a los machos que defienden cajas nido, que a los que defienden cavidades en árboles (Llambías y Fernandez 2009).

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

El área de estudio fue el viñedo de la finca “Las Compuertas”, perteneciente a la bodega Terrazas de los Andes, ubicada en el Distrito Las Compuertas, Luján de Cuyo (33°02'03”S, 68°57'54”O, 1050 msnm). Este viñedo tiene una extensión de 45 hectáreas, y se encuentra rodeado por otros viñedos y residencias humanas. Dentro del mismo, el manejo que se realiza es orgánico y regenerativo. Cuenta con riego por goteo y tela antigranizo en todos los cuarteles utilizados para el proyecto.

En su límite oeste, el viñedo limita con una calle interna por donde circulan vehículos. El viñedo y la calle se encuentran separados por un borde vegetativo, con árboles frutales y vegetación espontánea. De esta manera, en el sitio de estudio pueden diferenciarse tres sectores:

- Viñedo propiamente dicho*: monocultivo de vid, con espacios interfilares y bajo tela antigranizo;
- Vegetación del borde*: integrada por árboles frutales y vegetación espontánea que se encuentra en el límite oeste del viñedo
- Sector aledaño al viñedo*: todas las áreas utilizadas por *T. aedon* por fuera del borde (residencias vecinas, cercos vivos de *Pyracantha*, calles internas, etc).

El viñedo cuenta con 40 cajas nido, colocadas en la temporada reproductiva 2021-2022. Las mismas están distribuidas en cuatro hileras de 10 cajas cada una, separadas entre sí a 30 metros dentro de la misma hilera y a 30 metros entre hileras vecinas (Figura 1).



Figura 1: Vista aérea del viñedo Finca Las Compuertas y alrededores. Los puntos amarillos muestran la distribución de las cajas nido dentro del viñedo. En naranja se distinguen las calles internas del viñedo. En verde se observa la ubicación del borde del viñedo. Fuente: elaboración propia

Las cajas nido utilizadas fueron construidas en madera de eucalipto proveniente de pallets reciclados. Su tamaño es de 40,5 cm. de alto, 12 cm de ancho y 16 cm de profundidad, y tienen un orificio de ingreso de 3 cm de diámetro en la parte superior de la cara frontal. Además, poseen una tapa móvil en la cara lateral, con la cual se puede acceder al interior de la caja (Figura 2). Las cajas fueron monitoreadas semanalmente con el fin de obtener la fenología de cada nido. De esta manera, se pudo conocer la edad de los pichones tomando como referencia el “día cero de pichones” de cada nido, como el día en que la mitad+1 de los huevos eclosionaron (Kempnaers 1993, Llambías 2009).



Figura 2: Caja nido en poste dentro del viñedo. Finca Las Compuertas. Fuente: elaboración propia

El proyecto involucró tanto aproximaciones observacionales como experimentales, las cuales se realizaron a campo durante la temporada reproductiva de *T. aedon*, desde octubre 2022 hasta febrero 2023. Durante la época del estudio, el viñedo atravesó las etapas fenológicas de brotación, floración y maduración de los frutos.

Consumo de larvas de lepidóptero

Para el ensayo de cuantificación del consumo de larvas de lepidóptero (objetivo específico 1), se realizó un ensayo con enfoque experimental, trabajando con pichones de 7 a 9 días de edad. Para este ensayo, se utilizaron larvas de *Plodia interpunctella*, cuya longitud en la madurez es de aproximadamente 12 mm (Solís-Aguilar *et al.* 2014). Se utilizó esta especie por su similitud morfológica con respecto a las larvas maduras de *L. botrana* (longitud de

12-13 mm; Varela *et al.* 2010) (Figura 3), su facilidad de cría y, además, por no ser considerada una especie plaga para el viñedo, ya que se alimenta principalmente de granos y frutos secos almacenados (Abadía *et al.* 2013).

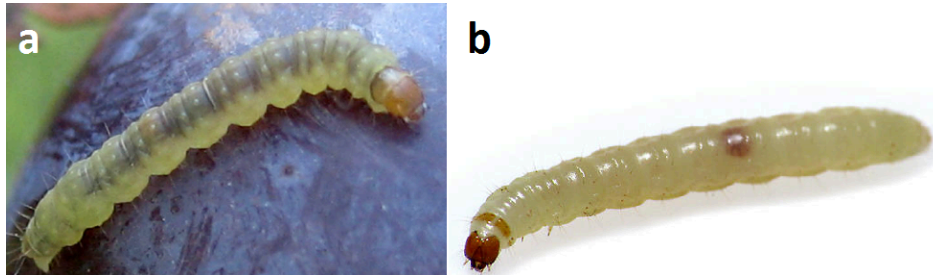


Figura 3: comparación de larvas maduras de *L. botrana* (a) y *P. interpunctella* (b). Autores de fotografías: a) Andrea Lucchi. b) Ashley Bradford

Al llegar el séptimo día de los pichones, alrededor de las 08:00 am se colocaron estaciones de depredación, las cuales consistieron en corchos con 4 larvas vivas de *P. interpunctella* pinchadas con un alfiler entomológico en el último segmento (Figura 4.a), lo que permitió que se mantuvieran con vida durante las 48 horas del experimento. Las estaciones se ubicaron alrededor de una caja nido con pichones (tratamiento) y alrededor de otra caja nido control sin actividad. En la elección de las cajas nido control se tuvo la consideración de que no fueran cajas nido contiguas a alguna caja nido con pichones, a fines de evitar la depredación por parte de esos adultos).

Los corchos fueron atravesados por un alambre, de manera que fueran fácilmente ubicados en las ramas de las vides, quedando expuestos con respecto al follaje y a una altura de 50 cm con respecto al suelo. En cada nido evaluado, se colocó una estación bajo la caja nido (0 metros), y dos en dirección a cada punto cardinal, a las distancias de 3 y 6 metros (Figura 4.b). El diseño de las estaciones de depredación fue el mismo en las cajas nido ocupadas (tratamiento) y en las cajas nido vacías (control). A partir de allí, se relevó dos veces cada 24 hs (a la edad de 8 y 9 días de los pichones) el estado de las larvas y luego se retiraron las estaciones. El experimento se realizó utilizando 9 pares de nidos.

El ensayo se llevó a cabo entre los días 7 y 9 de pichones debido a diferentes razones:

-Los pichones de corta edad (1-5 días) son alimentados a tasas menores que los pichones de edad avanzada (LaBarbera *et al.* 2012), por lo que realizar el experimento con pichones de esas edades podría no reflejar la depredación a lo largo de toda la estadía de los pichones en el nido.

-A partir del día 10 aumenta la depredación sobre los pichones (Llambías *et al.* 2015, Jefferies 2022), por lo que al utilizar pichones mayores a 10 días disminuye la probabilidad de contar con el nido para realizar un ensayo de dos días de duración.

-Los pichones abandonan el nido aproximadamente a los 17 días de edad a partir de la eclosión (Llambías 2009), y las presas con las que son alimentados son de mayor tamaño a medida que los pichones crecen (Martin 1996), por lo que no sería conveniente realizar el

experimento con pichones de edad avanzada utilizando larvas de tamaño pequeño como las de *P. interpunctella*.

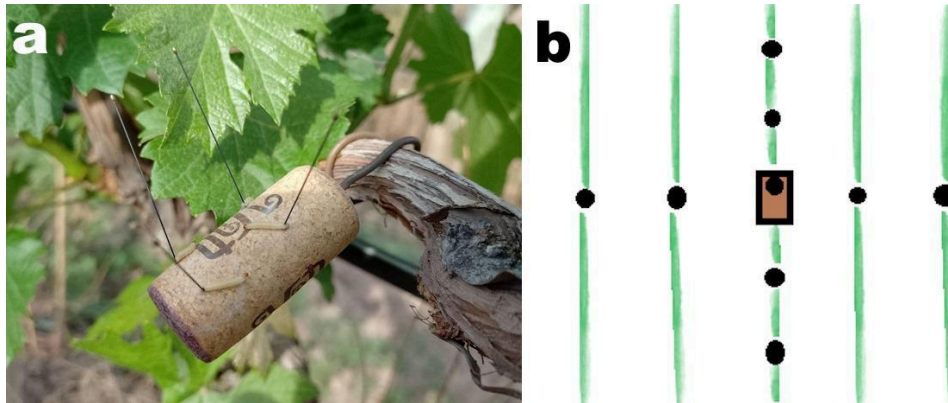


Figura 4: a) Estación de depredación con larvas de *P. interpunctella* ubicada en brazo de vid. b) Distribución de estaciones de depredación (puntos negros) alrededor de caja nido durante el ensayo de cuantificación del consumo de larvas de Lepidoptera. Fuente: elaboración propia.

El análisis de datos se llevó a cabo mediante la construcción de modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) con distribución del error beta-binomial utilizando el paquete *glmmTMB* (Brooks *et al.* 2017), y utilizando el software R (R Core team 2023). La variable respuesta fue la proporción de larvas consumidas sobre el total de larvas ofrecidas, mientras que como variables explicativas se tomó la distancia al nido (0m, 3m, 6m) y el estado de la caja (tratamiento/control). Como efecto aleatorio se utilizó la identidad de la caja nido. La interacción entre las variables explicativas se evaluó contrastando dos modelos anidados, con y sin interacción mediante el comando *anova*. Los modelos utilizados fueron:

- *Modelo con interacción:* Proporción ~ estado de la caja * distancia al nido + (1|caja)
- *Modelo sin interacción:* Proporción ~ estado de la caja + distancia al nido + (1|caja)

El análisis post-hoc se realizó utilizando el paquete *emmeans* (Lenth 2023) y el diagnóstico de los residuos se realizó con el paquete *DHARMA* (Hartig 2022).

Presas consumidas por pichones de *T. aedon*

Para identificar con qué presas alimenta *T. aedon* a sus crías (objetivo específico 2), se realizó un estudio observacional. El día 11 de los pichones, a partir de la salida del sol, se colocó una cámara de video apuntando a la entrada del nido, y se grabó durante 1 h y 30 m. Los videos obtenidos fueron posteriormente analizados para identificar los invertebrados depredados, a nivel de orden, familia y en lo posible de género y especie. Una vez identificados se los clasificó en base al grupo funcional, diferenciando entre herbívoros y depredadores para determinar las proporciones de consumo de cada grupo. Se obtuvieron videos de 9 cajas nido, sumando un total de 13 h y 30 m de grabación. Adicionalmente, se calculó la cantidad de entregas de alimento por hora.

Los videos fueron grabados con una filmadora Canon Vixia HF R400. La misma se colocó en el suelo del interfilas con un trípode de aproximadamente 10 cm de altura, y a una distancia del nido de aproximadamente 5 m. Se utilizó el zoom de la cámara hasta visualizar en la imagen al menos la mitad superior de la caja (Figura 5).

Los videos obtenidos se analizaron con el programa VLC Media Player. Se observó fotograma por fotograma el momento en que las aves llegaban al nido, y se hicieron capturas de pantalla de los fotogramas en los cuales se pudo observar alimento. Posteriormente se realizó identificación de los invertebrados.



Figura 5: Captura de pantalla de filmación. Se aprecia al adulto de *T. aedon* llegando al nido con dos presas para sus pichones, un ortóptero herbívoro de la familia Tettigonidae y un neuróptero depredador de la familia Myrmeleontidae.

Identificación de sitios de forrajeo y radio de acción

Se observó el comportamiento de alimentación de *T. aedon*, utilizando binoculares, para dilucidar en qué sitios forrajea y el radio de acción al forrajear cuando los pichones tenían 11 días de edad y a partir de la salida del sol. Se registraron la fecha y la hora en que los adultos llegaron al nido, los sitios a los que se dirigieron a forrajear (viñedo, fuera del viñedo, vegetación del borde del viñedo), y la distancia con respecto al nido. No se distinguieron las observaciones según el sexo del individuo debido a que el ave no tiene un dimorfismo sexual evidente a simple vista (Aragón y Venero 2007).

Las distancias se estimaron teniendo en cuenta que cada interfilas tiene 1,5 m de ancho, y que la distancia entre postes dentro de la misma hilera es de 6 m. En el caso de los sitios de forrajeo se calculó la frecuencia relativa de cada lugar de forrajeo. En el caso de las distancias de forrajeo con respecto al nido, se tomaron 10 intervalos (1-10m; 11-20m; 21-30m; 31-40m; 41-50m; 51-60m; 61-70m; 71-80m; 81-90m; 91-100m) y se calculó la frecuencia absoluta y relativa acumulada de cada intervalo. Estos datos permitieron conocer los rangos de

distancias más frecuentes y estimar el radio de acción de *T. aedon* en la búsqueda de alimento.

6. RESULTADOS

Consumo de larvas de lepidóptero

El análisis estadístico realizado a partir de los modelos ajustados indicó que no existe interacción entre las variables “estado de la caja” (tratamiento/control) y “distancia al nido” (0, 3 y 6 m) (Tabla 1). Por otro lado, se determinó que existe un efecto de la variable “estado de la caja” sobre la proporción de larvas depredadas, lo que quiere decir que existen diferencias significativas en la depredación de larvas entre las cajas nido control y las cajas nido con pichones (Figura 6). En las cajas nido donde había pichones hubo menor depredación, no habiendo diferencias significativas en la proporción de larvas depredadas a diferentes distancias del nido.

Tabla 1: Análisis de la Devianza de los principales factores analizados y su interacción. Se muestran los grados de libertad.

	Chisq	g.l.	Pr(>Chisq)
Estado de caja	11,2880	1	0,0007801***
Distancia	2,2254	2	0,3286739
Estado de caja:Distancia	1,7629	2	0,4141833

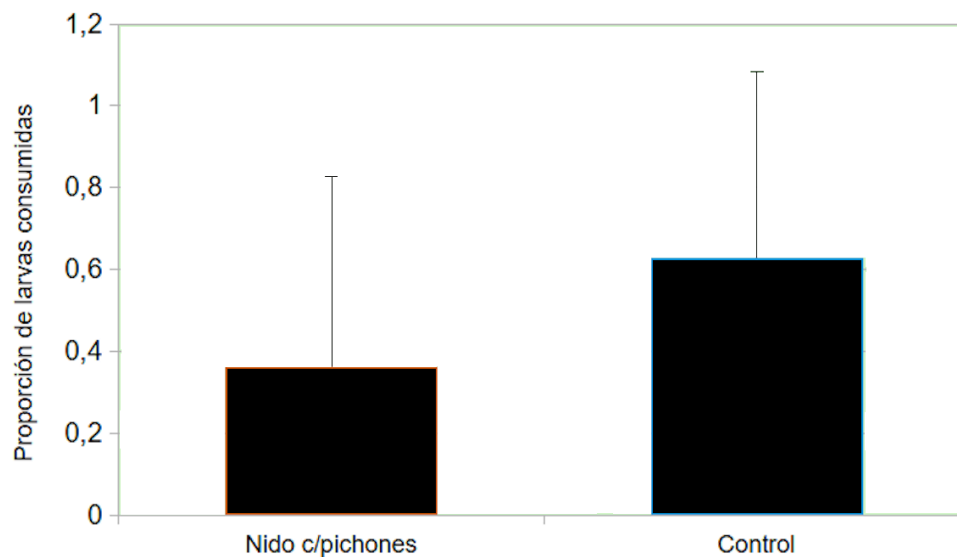


Figura 6: Proporción de larvas de Lepidoptera consumidas en estaciones de depredación ubicadas alrededor de cajas nido con pichones (tratamiento) y cajas nido sin pichones (control).

Presas consumidas por pichones de *T. aedon*

En las filmaciones se visualizaron 133 presas, de las cuales 92 pudieron ser identificadas al menos a nivel de orden. El resto de las presas visualizadas no pudieron ser identificadas. Los órdenes de invertebrados consumidos fueron Coleoptera (19,6%), Lepidoptera (18,5%), Araneae (15,2%), Orthoptera (14,1%), Diptera (14,1%), Neuroptera (12%), Hemiptera (5,4%) e Hymenoptera (1,1%) (Figura 7). Además, a través de los videos se calculó que el promedio de viajes para entrega de alimento de los padres fue de 20,4 viajes/hora.

De esas presas identificadas, se determinó el grupo funcional al que pertenecen. Se obtuvo que el 52,2% corresponde a herbívoros y el 40,2% a depredadores, mientras que el 7,6% no se pudo determinar por no poder identificar la familia y/o especie (Figura 8). Entre los depredadores, el grupo más frecuente fueron las arañas.

De los insectos herbívoros, el 91,6% fueron masticadores, es decir, insectos capaces de dañar la superficie foliar de las plantas, tales como las langostas, grillos, escarabajos de la tribu Naupactini y orugas de Lepidoptera.

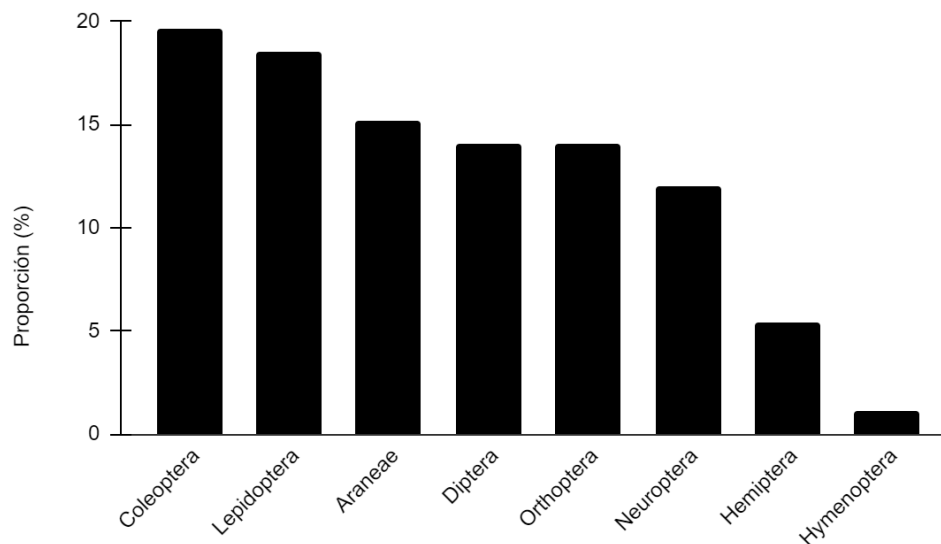


Figura 7: Proporción (%) de presas consumidas por pichones de *T. aedon* según orden al que pertenecen

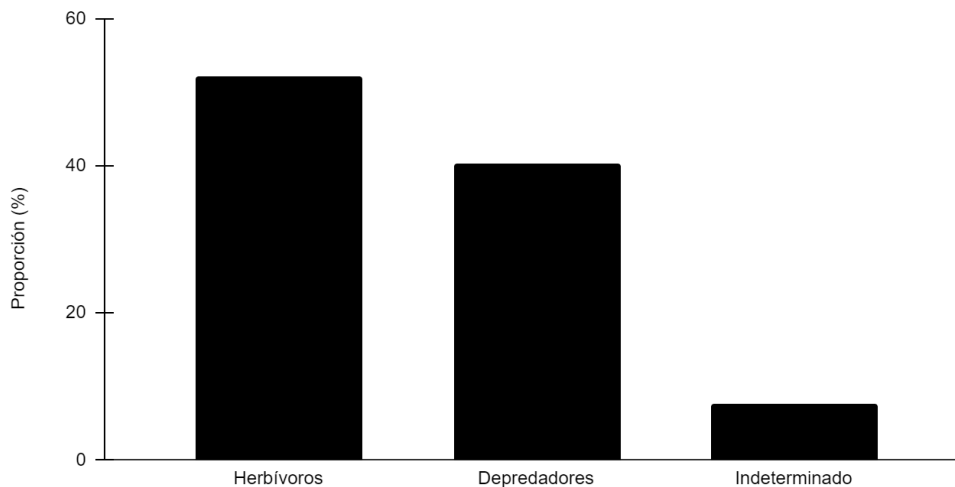


Figura 8: Proporción (%) de presas consumidas por pichones de *T. aedon* según grupo funcional al que pertenecen

Identificación de sitios de forrajeo y determinación del radio de acción

Troglodytes aedon utilizó el viñedo para alimentarse con una frecuencia del 82%, la vegetación del borde en un 3,6% y forrajeó fuera del viñedo en un 14,4% de acuerdo a las observaciones de las cajas nido analizadas (n = 9; n observaciones = 250). En el caso de las cajas nido ubicadas próximas al borde del viñedo (n cajas = 5; n observaciones = 119), *T. aedon* utilizó el viñedo con una frecuencia del 63%, mientras que utilizó la vegetación del borde un 6,7% y forrajeó fuera del viñedo un 30,3%. En el caso de las cajas nido ubicadas dentro del viñedo (n cajas = 4; n observaciones = 131), *T. aedon* utilizó el viñedo con una frecuencia del 99,2%, mientras que utilizó la vegetación del borde en un 0,8%.

Se determinó la distancia promedio que se alejó del nido y el radio de acción de *T. aedon*. Si bien se registraron distancias de hasta 100 m, la distancia promedio que los individuos se alejaron del nido fue de 16,98 m. Además, se determinó que el 50,4% de las observaciones se dieron a una distancia de hasta 10 m con respecto al nido, siendo el rango de distancias al nido más frecuente (Figura 9). El radio de acción se determinó a 50 m del nido, ya que el 96,8% de las observaciones se registraron a una distancia al nido inferior a los 50 m (Figura 10).

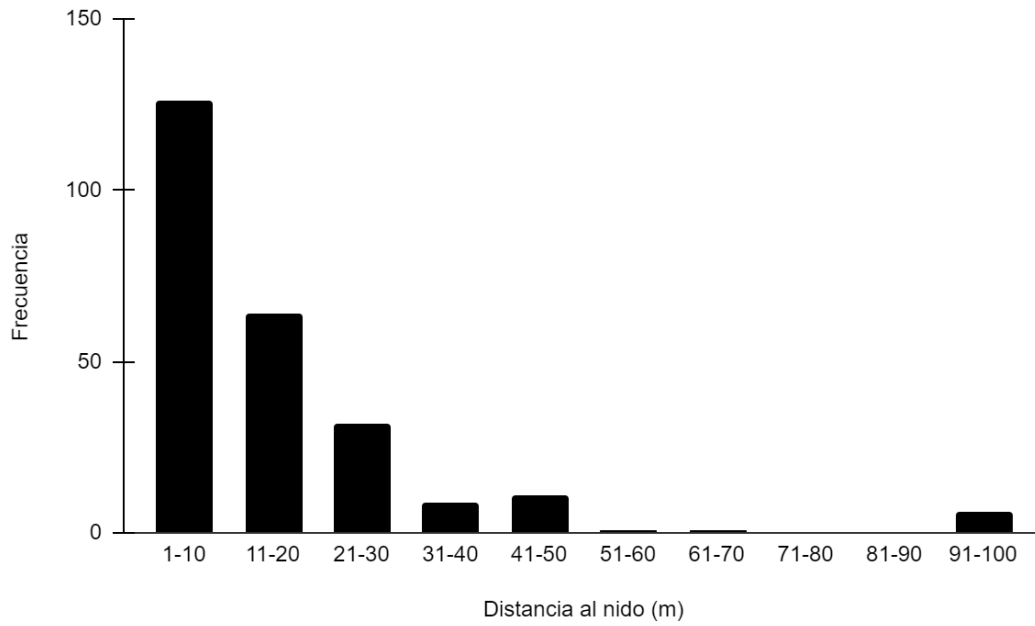


Figura 9: Frecuencia de las distancias de forrajeo (m) de *T. aedon* con respecto al nido

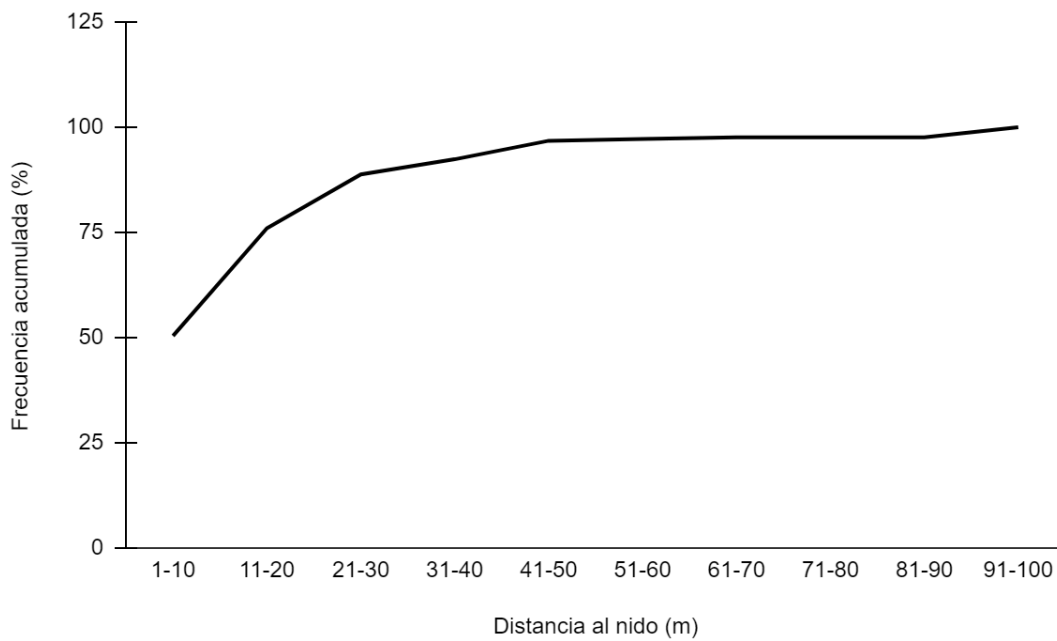


Figura 10: Frecuencia acumulada (%) de las distancias de forrajeo (m) de *T. aedon* con respecto al nido.

7. DISCUSIÓN

El experimento de cuantificación del consumo de larvas de lepidóptero permitió comparar el consumo entre cajas nido con pichones y cajas nido vacías, indicando diferencias significativas entre ambos casos. Contrariamente a lo predicho, fue mayor la depredación sobre las estaciones de depredación de las cajas nido sin pichones. Esto puede deberse a diversos factores. Al realizarse el experimento cuando los pichones tenían entre 7 y 9 días de edad, es posible que los adultos hayan alimentado a los pichones con presas más grandes. Prueba de esto son las presas que se observaron a través de las filmaciones, que, si bien se realizaron al día 11 de pichones, fueron considerablemente de mayor tamaño que las larvas colocadas. Por otro lado, en algunos casos se constató la presencia de hormigas en las estaciones de depredación, quienes son consideradas importantes depredadoras de invertebrados (Cerdá y Dejean 2011). Es probable que hayan sido éstas las que predaron sobre las larvas de lepidóptero, y no los adultos de *T. aedon*.

La identificación de sitios de forrajeo permitió determinar que *T. aedon* realiza la búsqueda de alimento en mayor proporción dentro del viñedo (más del 60% de las observaciones), inclusive en los casos de las cajas nido cercanas al borde, donde se esperaría que la proporciones de forrajeo dentro y fuera del viñedo fueran similares. Este comportamiento indica que la oferta de presas dentro del viñedo es abundante. Por otro lado, si bien el radio de acción se determinó hasta 50 m de la caja nido, el 50,4% de las observaciones se dieron a una distancia de hasta 10 m, lo que sugiere que la búsqueda activa de alimento se da en mayor medida en las inmediaciones del nido, disminuyendo a medida que las presas se encuentran más lejos del mismo.

Al seleccionar enemigos naturales o controladores biológicos de insectos, hay ciertas características que deben ser tenidas en cuenta para que el control sea lo más efectivo posible. Las características principales son la elevada capacidad de búsqueda de las presas, una buena capacidad reproductora, buena adaptación ambiental, la sincronización espacial y estacional con la presa (Miret 2005), y que su uso sea económicamente viable para el productor (Nicholls 2008). Teniendo en cuenta estas características deseadas y los resultados obtenidos en los diferentes ensayos podemos analizar el potencial de *T. aedon* en el control biológico de insectos:

-En cuanto a la capacidad de búsqueda de alimento, *T. aedon* forrajea activamente dentro de la canopia de la vid y entre la corteza (Kroodsma y Brewer 2005; observaciones personales). En estos lugares se encuentran presas de gran importancia como son las pupas (en la corteza) y larvas (en hojas y frutos) de la plaga *L. botrana* (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA], 2023). Si bien en este estudio no se pudo observar, por el tamaño de *L. botrana*, que efectivamente sea capturada por *T. aedon*, dados los hábitos de ambas especies es muy probable que *T. aedon* la consuma en diversos estadios de vida. Además de *L. botrana*, también se encuentran en las hojas otros herbívoros masticadores de

interés como el coléoptero plaga *N. xantographus* (el cual fue identificado en las filmaciones como presa de *T. aedon*) y los lepidópteros *E. labruscae* y *E. vitis*.

-En cuanto a las presas consumidas, si bien gran parte de los controladores biológicos depredadores como *T. aedon* se alimentan indistintamente tanto de insectos dañinos como benéficos (Badii y Abreu 2006), en este caso, a través de la identificación de los invertebrados consumidos se observó que el ave depredó en mayor proporción sobre organismos herbívoros que pueden afectar a la vid (Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera). A pesar de ello, teniendo en cuenta que Guinan y Sealy (1987) postulan que *T. aedon* consume las presas más abundantes de los ambientes que habita, esta proporción podría variar en el tiempo dependiendo de las dinámicas poblacionales de las especies presentes en el viñedo.

-En cuanto a la sincronización estacional con la presa, se observó a *T. aedon* en las cajas nido dentro del viñedo a lo largo de toda la temporada reproductiva, desde octubre hasta febrero. Esta época coincide con la de reproducción de *N. xantographus* (Marcucci y Picca 2022) y de *L. botrana* en Mendoza, que según Dagatti y Becerra (2015) puede tener hasta cuatro generaciones durante esos meses. Esta situación también nos indica que *T. aedon* tiene una buena adaptación ambiental y una buena capacidad reproductiva, ya que anidó y se mantuvo dentro del viñedo mientras los operarios de la finca desarrollaban sus tareas agrícolas. Además, en cuanto a lo reproductivo, es importante tener en cuenta que la especie coloca por lo general entre 4 y 6 huevos y que las cajas nido aumentan su éxito reproductivo.

-En cuanto a lo económico, la utilización de *T. aedon* puede resultar muy ventajosa para los productores. La oferta de cajas nido es una estrategia que no demanda dinero ni esfuerzo en la cría y posterior liberación del agente controlador, ya que el ave se encuentra en el cultivo espontáneamente. Además, comparando con otros métodos de control de insectos, el costo de las cajas nido es significativamente menor al de insecticidas orgánicos y otros métodos químicos y, una vez colocadas, pueden durar varias temporadas con un mantenimiento mínimo.

Como propuestas de mejora de los experimentos, consideramos que estudios a futuro deberían revisar la metodología utilizada para la cuantificación del consumo de larvas de lepidópteros. Opciones que podrían mejorar el diseño y la precisión experimental son: a) Colocar cámaras en las estaciones de depredación para determinar la identidad del predador de las larvas, b) Colocar estaciones de depredación y filmar las cajas nido en estadios más tempranos de pichones para dilucidar si el tamaño de las larvas influye en los resultados del ensayo de cuantificación y para contrastar con las presas obtenidas en los videos, c)

Aumentar la cantidad de réplicas de nidos para obtener mayor robustez en el análisis estadístico, ya que en este ensayo se contó sólo con 9 nidos.

Para futuras líneas de investigación, sería beneficioso realizar estudios más específicos utilizando la información de base generada en el presente. Así, se podría estimar la cantidad de insectos que *T. aedon* consume por hectárea y por temporada reproductiva, las diferencias en la calidad y cantidad de uva cosechada en presencia y ausencia del ave, y valorarla en términos económicos. Además, se podría determinar cuáles son los lugares estratégicos del viñedo donde se deben colocar las cajas nido y asegurar una mayor proporción de forrajeo dentro del mismo.

8. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio nos permiten aceptar la hipótesis de que *T. aedon* es un ave con potencial para el control biológico de insectos en viñedos durante la temporada reproductiva. Se realizó una cuantificación de la depredación de *T. aedon* sobre larvas de lepidópteros contrastando las diferencias entre cajas nido con pichones y cajas nido vacías, obteniendo que la depredación fue mayor en cajas nido vacías, contrariamente a lo esperado. Se determinó que el viñedo fue el sitio de forrajeo más frecuente y que el radio de acción del ave fue de 50 m con respecto a la caja nido. Se identificaron los tipos de presas con que *T. aedon* alimenta a sus crías, siendo más frecuentes los insectos herbívoros de los órdenes Coleoptera y Lepidoptera. Se considera que el ave cumple con las características deseadas para un controlador biológico de insectos (sincronización espacial y estacional con la presa, elevada capacidad de búsqueda de las presas, buena capacidad reproductora, buena adaptación ambiental y uso económicamente viable). Consideramos que los resultados aportan una base sólida para continuar investigando el uso de *T. aedon* en el agroecosistema, a fines de determinar de qué maneras se puede realizar el manejo del ave a un nivel óptimo.

Para concluir el presente estudio, consideramos que la presencia de *T. aedon* dentro del viñedo es, sin dudas, un recurso valioso que debe ser aprovechado en el manejo del agroecosistema. Su capacidad para habitar tanto ambientes urbanos como rurales, su gran distribución en el continente, su buen estado de conservación, la posibilidad de aumentar su población dentro del viñedo durante la temporada reproductiva mediante la colocación de cajas nido, y su hábito alimenticio de forrajear en el tronco y la canopia de la vid, son características que brindan una oportunidad única para que la especie sea tenida en cuenta en el desarrollo de técnicas de manejo de bajo impacto ambiental y contribuya a la construcción de una agricultura sustentable.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, B., & Bartosik, R., (2013). Manual de buenas prácticas poscosecha en granos. *Proyecto Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos (PRECOP)*, Buenos Aires.
- Alcamo, J. (2003). Ecosystems and human well-being. *Island Press, Estados Unidos*.
- Altieri, M. (2009). La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. *University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA*.
- Alvarez-López, H., Heredia-Flores, M.D., & Hernández-Pizarro, M.C. (1984). Reproducción del cucarachero común (*Troglodytes aedon*, Aves, Troglodytidae) en el Valle del Cauca. *Caldasia*, 85-123.
- Aragón, J.I., & Venero J.L. (2007). Duetos de canto en el cucarachero común (*Troglodytes aedon*) en el Humedal Lucre-Huacarpay, Cusco. *Unión Ornitológica del Perú, Boletín Informativo*, 2, 4-5.
- Babi, A. (1990). Bioécologie de *Trichogramma cacoeciae* Marchal et *T. daumalae* Dugast et Voegelé (Hym. Trichogrammatidae). Utilisation en lutte biologique contre *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lep.: Tortricidae). Tesis Doctoral Universidad Aix-Marseille, Marseille.
- Badii, M.H., & Abreu, J.L. (2006). Control biológico: una forma sustentable de control de plagas (Biological control a sustainable way of pest control). *Daena: international journal of good conscience*, 1, 82-89.
- Barzola-Elizagaray, P., & Engelman, A. (2020). La vitivinicultura en Mendoza desde 1990: entre la globalización y el desarrollo regional. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 66, 191-212.
- Becerra, V.C., Herrera, M.E., Gonzalez, M.F., Mendoza, G.B., & Dagatti, C.V. (2015). Vid: *Lobesia botrana* Den et Schiff. (pollilla europea del racimo). *Plagas cuarentenarias de frutales de la República Argentina*. 1, 18-29.
- Bragagnolo, L.A., Santillán, M.A., Rebollo, M.A., Lopez, F.G., Orozco, P.M., Fernandez, G.J. (2013). Caracterización de la dieta de la ratona común (*Troglodytes aedon*) en el bosque de caldén, La Pampa, Argentina. [Póster]. *IX Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Argentina*.
- Brewer, D. (2001). Wrens, dippers and thrashers. *Christopher Helm Publishers, Londres*. Páginas 169-171.
- Brooks, M.E., Kristensen, K., Van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A., & Bolker, B.M. (2017). glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9, 378-400.
- Callegaris, P.A. (2017). La vitivinicultura mirada desde la geografía económica: uso de riego en la región de Cuyo. *Apuntes Agroeconómicos*, 11, 1-39.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91, 21-29.
- Cerdá, X., & Dejean, A. (2011). Predation by ants on arthropods and other animals. *Predation in the Hymenoptera: An Evolutionary Perspective, National Academy of Sciences (Estados Unidos)*, 39-78.

- Dagatti, C.V., & Becerra, V.C. (2015). Ajuste de modelo fenológico para predecir el comportamiento de *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) en un viñedo de Mendoza, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74, 117-122.
- Dagatti, C.V., Herrera, M.E., Debandi, G., González, M., Sosa, C. & Becerra, V. (2017). Enemigos naturales de *Lobesia botrana* en Mendoza. *Boletín INTA Mendoza en Acción*, 4, 2-3
- Delfini, M. (2007). Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina. *Prometeo Libros Editorial, Buenos Aires*.
- Dent, D. (2000). Insect pest management 2nd edition, *CABI Publishing, Londres*.
- Donald, P.F., Green, R.E., & Heath, M.F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268, 25-29.
- Donald, P.F., Pisano, G., Rayment, M.D., & Pain, D.J. (2002). The Common Agricultural Policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89, 167-182.
- Eadie, J., Sherman, P., & Semel, B. (1998). Conspecific brood parasitism, population dynamics, and the conservation of cavity-nesting birds. *Behavioral ecology and conservation biology*, 1982, 306.
- Guinan, D.M., & Sealy, S.G. (1987). Diet of house wrens (*Troglodytes aedon*) and the abundance of the invertebrate prey in the dune-ridge forest, Delta Marsh, Manitoba. *Canadian Journal of Zoology*, 65, 1587-1596.
- Hanson P. (1993). Control biológico de insectos. *CATIE, Turrialba*. 2.
- Hartig F. (2022). DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models. R package version 0.4.5
- Jedlicka, J.A., Greenberg, R., & Letourneau, D.K. (2011). Avian conservation practices strengthen ecosystem services in California vineyards. *PLoS one*, 6, e27347.
- Jedlicka, J.A., Vo, A.T.E., & Almeida, R.P. (2017). Molecular scatology and high-throughput sequencing reveal predominately herbivorous insects in the diets of adult and nestling Western Bluebirds (*Sialia mexicana*) in California vineyards. *The Auk: Ornithological Advances*, 134, 116-127.
- Jefferies, M.M. (2022) Evaluación de las variables determinantes de la probabilidad de depredación de nidos de la ratona aperdizada (*Cistothorus platensis*). *Tesis doctoral, Probiol*.
- Johnson, L.S. (1998). House Wren (*Troglodytes aedon*). *The Birds of North America*, 380, 32.
- Kempnaers, B. (1993). The use of a breeding synchrony index. *Ornis Scandinavica*, 24, 84.
- Kroodsmá, D.E., & Brewer, D. (2005). Family troglodytidae (wrens). *Lynx Edicions, Barcelona*.
- LaBarbera, K., Lovette, I. J., & Llambías, P. E. (2012). Mating opportunities, paternity, and sexual conflict: paternal care in northern and southern temperate house wrens. *Behavioral ecology and sociobiology*, 66, 253-260.
- Lenth R (2023). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.8.8.
- Llambías, P.E. (2009). Why monogamy? Comparing house wren social mating systems in two hemispheres. Ph.D. dissertation, *Cornell University, Ithaca, New York*.
- Llambías, P.E., & Fernandez, G.J. (2009). Effects of nestboxes on the breeding biology of Southern House Wrens *Troglodytes aedon bonariae* in the southern temperate zone. *Ibis*, 151, 113-121.

- Llambías, P.E., Carro, M.E., & Fernández, G.J. (2015). Latitudinal differences in life-history traits and parental care in northern and southern temperate zone House Wrens. *Journal of ornithology*, 156, 933-942.
- López García, G.P., Mazzitelli, M.E., Fruitos, A., González, M., Marcucci, B., Giusti, R., & Debandi, G. (2019). Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina: Consideraciones para el manejo del hábitat. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51, 309-322.
- Marcucci, B., & Picca, C.N. (2022). Mulita o burrito de la vid y de los frutales *Naupactus xanthographus*. *Fichas técnicas de plagas y enfermedades de cultivos intensivos: frutales de carozo, vid y nogal*.
- Martin, T.E. (1996). Life history evolution in tropical and south temperate birds: what do we really know? *Journal of Avian Biology*, 27, 263-272.
- Medrano F, Barros R, Norambuena H.V, Matus R & Schmitt F. (2018). Atlas de las aves nidificantes de Chile 2011-2016. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. *Santiago, Chile*. 518-519.
- Miret, J.A.J. (2005). El control biológico de plagas y enfermedades (Vol. 5). *Universitat Jaume I, España*.
- Nicholls, C.I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial *Universidad de Antioquia, Colombia*.
- Nyffeler, M., Şekercioğlu, Ç.H., & Whelan, C.J. (2018). Insectivorous birds consume an estimated 400–500 million tons of prey annually. *The Science of Nature*, 105, 1-13.
- Odum, E.P. (1984). Properties of agroecosystems. *Agricultural ecosystems*, 5-11.
- Purcell, K.L., Verner, J., & Lewis W,O. (1997). A comparison of the breeding ecology of birds nesting in boxes and tree cavities. *The Auk*, 114, 646-656.
- Rossi, M. (1993). Etudes bioécologiques des parasitoïdes oopphages *Trichogramma cacoeciae* Marchal et *T. evanescens* West (Hym.: Trichogrammatidae) et du parasitoïde nymphal, *Dibrachys affinis* Masi (Hym.: Pteromalidae) utilisés en lutte biologique contre *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lep.: Tortricidae). Tesis Doctoral Universidad Aix-Marseille, Marseille.
- Rubio, V., & Fereres, A. (2005). Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos. *Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA-CSIC). Departamento de Protección Vegetal. Madrid, España*.
- Santos, J.A., & Domingues, J.V. (2020). ¿Agroecología o agricultura orgánica?. *Revista Brasileira De Agroecologia*, 15, 167–177.
- Sarandón, S.J. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina*. 1, 23-48
- Sarandón, S.J., & Marasas, M.E. (2015). Breve historia de la agroecología en la Argentina: orígenes, evolución y perspectivas futuras. *Agroecología*, 10, 93-102.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (s.f). *Lobesia botrana*. <https://www.senasa.gob.ar/cadena-vegetal/frutales/produccion-primaria/programas-fitosanitarios/lobesia-botrana>. Fecha de consulta: 26 de Octubre de 2023.

- Solís-Aguilar, J.F., Díaz-Nájera, J.F., Ayvar-Serna, S., Alvarado-Gómez, O.G. (2014). Identificación de *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) en semillas de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Apipilulco Guerrero. *Foro de Estudios sobre Guerrero*. Mayo 2014 – Abril 2015, 1,9-12.
- Strafile, D., & Becerra, V. (2001). Sanidad del Viñedo Argentino. *Idia XXI*, 1, 53-56.
- Stupino, S., Iermanó, M.J., Gargoloff, N.A., & Bonicatto, M.M. (2014). La biodiversidad en los agroecosistemas. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo*, 5, 131-158.
- Triviño, P., & Smith, J. (2015). Impacto ambiental por el uso excesivo de monocultivo. *Academia, Colombia*.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org/species/103886826/111242743>. Fecha de consulta: 26 de Octubre de 2023
- Van den Bosch, M. E., Abraham, L. I., & Alturria, L. V. (2018). Producción orgánica de uva en Mendoza, Argentina: tipos de productores, caracterización técnica y económica. *Cuyonomics. Investigaciones En Economía Regional*, 2, 103–119
- Van Driesche R.G, Hoodle M.S., Center T.D. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales. *Departamento de Agricultura, Estados Unidos*.
- Varela, L.G., Smith, R.J., Cooper, M.L., & Hoenisch, R.W. (2010). European grapevine moth, *Lobesia botrana*, in Napa Valley vineyards. *Practical Winery & Vineyard*, 2, 6-13.
- Viers, J.H., Williams, J.N., Nicholas, K.A., Barbosa, O., Kotzé, I., Spence, L., & Reynolds, M. (2013). Vinecology: pairing wine with nature. *Conservation Letters*, 6, 287-299.
- Whelan, C.J., Şekercioğlu, Ç.H., & Wenny, D.G. (2015). Why birds matter: from economic ornithology to ecosystem services. *Journal of Ornithology*, 156, 227-238.