



**“AVISTAMIENTOS, HÁBITAT Y COLORACIÓN DE ÉLITROS EN *HARMONIA*
AXYRIDIS EN CHILE EN FUNCIÓN DE LA LATITUD Y ÉPOCA DEL AÑO, A PARTIR
DE UNA INICIATIVA DE CIENCIA CIUDADANA”**

Seminario de título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los
requisitos para optar al Título de:

Bióloga con mención en Medio Ambiente.

Francisca Victoria Paz Bustos Garay

Directora del Seminario de Título: Audrey Alejandra Grez Villarroel

Co-Directora: Tania Zaviezo Palacios

Mayo 2019

Santiago – Chile

INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por la Srta. Francisca Bustos Garay.

**“AVISTAMIENTOS, HÁBITAT Y COLORACIÓN DE ÉLITROS EN *HARMONIA*
AXYRIDIS EN CHILE EN FUNCIÓN DE LA LATITUD Y ÉPOCA DEL AÑO, A PARTIR
DE UNA INICIATIVA DE CIENCIA CIUDADANA”**

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Bióloga con Mención Medio Ambiente.

MSc. Audrey Alejandra Grez Villarroel
Directora Seminario de Título:

Dra.Tania Zaviezo Palacios
Co-Directora del Seminario de Título:

Comisión Revisora y Evaluadora

Presidente Comisión: _____

Evaluador: _____

Santiago de Chile,

Biografía



Francisca Bustos Garay nació la noche del 24 de octubre de 1991 en la Ciudad de Santiago de Chile, siendo la primera y última hija de la familia . Cursó su enseñanza básica y media en el Colegio de los Sagrados Corazones de Alameda, donde tuvo una formación científica – humanista. Durante gran parte de su niñez tuvo cercanía con el campo y con cada ser vivo que integra la naturaleza. El interés por saber como los seres vivos se desenvuelven en su entorno y como interactúan la llevo a iniciar sus estudios en Biología. Por lo que ingresa a la carrera de Biología con mención en Medio Ambiente .

*Dedicado a Sylvia Garay y a todas las mujeres de mi familia,
por enseñarme a mirar la vida con otros ojos y
apoyarme en cada decisión
tomada.*

Agradecimientos

Primero que todo me gustaria agradecer a mis padres por su comprensión, soporte en el día a día y amor incondicional. A mis hermanos y primos por su apoyo y consejos. A los amigos y compañeros de carrera con los que pasé muchos momentos hermosos y otros no tan buenos, en la estadía en la universidad. Gracias a Gabriela Piriz, Javiera Malebrán, Ignacio Ortiz, Josefina Cruz, Daniela Salazar y Gabriela Barahona por ser tan buenos compañeros de trabajo, largas horas de estudio, por compartir nervios por montones antes de cada presentación o prueba y por compartir inigualables momentos de ocio.

Agradezco a todos los profesores que se cruzaron en mi camino, por todo el conocimiento entregado y el amor por la ciencia que me transmitieron. En especial a Karin Maldonado por ser una guía importante e incluirme en su proyecto durante el transcurso de la carrera.

Agradezco de corazón a la Profesora Audrey Grez por darme la oportunidad de trabajar con ella en éste proyecto, por su rigurosidad a la hora de trabajar, dedicación, apoyo constante como guía. Gracias por su paciencia, por ser un cable a tierra. Y a Tania Zaviezo por ser parte del desarrollo de este seminario de título. A Elizabeth Gazzano por su gran entrega, su buena disposición a ayudar y su escucha. Agradecer también a todos mis compañeros del LEAF. Además agradezco a Fernando Santibañez Quezada por facilitar datos esenciales para este seminario de título.

Por último, agradezco el financiamiento de esta tesis por medio del proyecto FONDECYT 1140662.

Índice de contenido

Biografía.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	9
Abstract.....	11
Introducción.....	13
Objetivo general.....	17
Objetivo específico.....	17
Materiales y Métodos.....	18
Resultados.....	22
Discusión.....	32
Conclusiones.....	38
Bibliografía.....	39
Anexo	43

Índice de tablas

Tabla 1. Resultado del ANDEVA factorial de tres vías para evaluar los efectos del mes, latitud, hábitat e interacciones sobre el número de avistamientos de *H. axyridis*.....22

Tabla 2. Tabla de covariables y modelos candidatos. Tm = temperatura media; Am = área de melanización.31

Tabla 3 . Tabla de modelos candidatos del GLM.31

Tabla I. Detalle de la categorización de Hábitat Exterior (Patio- Uso productivo- Vegetación Nativa). – ANEXO43

Índice de figuras

Fig 1. Progreccion de melanización de *H.axyridis*..... 16

Figura 2. Registros fotográficos proporcionados por los científicos ciudadanos. A y B: Registros clasificados en hábitat interior. C y D: Registros clasificados en hábitat exterior..20

Figura 3. Variables por medir para estimar el área de los élitros cubierta por puntos negros (modificado de Knapp & Nedved 2013).....21

Figura 4. Promedio de logaritmo ($\ln x+1$) de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por mes entre los años 2012 y 2017. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)23

Figura 5. Promedio de logaritmo ($\ln x+1$) de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por latitud entre los años 2012 y 2017. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)24

Figura 6. Promedio de los avistamientos ($\ln x+1$) \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por latitud según mes. Los asteriscos indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) 25

Figura 7. Promedio de los avistamientos ($\ln x+1$) \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según mes, entre los años 2012 y 2017. Los asteriscos * = bcd. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)26

Figura 8. Promedio de logaritmo de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos ($\ln x + 1$) *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según latitud, entre los años 2012 y 2017. El * = defg, ‡ = fg. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)27

Figura 9. Promedio de logaritmo de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según latitud y mes, entre los años 2012 y 2017. El asterisco indica diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$) 28

Figura 10. Representación de los tipos de hábitat según año.....29

Figura 11. Promedio de la proporción de melanización por latitud. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)30

Resumen

La invasión reciente de *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) a Chile ha generado problemas diversos, incluyendo la disminución de la diversidad de coccinélidos, específicamente la disminución de coccinélidos nativos. Además, ha generado malestar en la población humana, ya que al hibernar dentro de las casas provocan problemas cosméticos y alergias. Para estudiar esta invasión, se desarrolló a una iniciativa de Ciencia Ciudadana, solicitando a la gente a reportar sus avistamientos a través de la página web <http://www.chinita-arlequin.uchile.cl>. Esta página fue creada el año 2011 y a la fecha se han reunido aproximadamente 2.216 datos de coordenadas a lo largo de gran parte del país, fechas de avistamiento, tipo hábitat y fotografías de los ejemplares para confirmar la especie. Cabe destacar, que en otras partes del mundo, las poblaciones de *H. axyridis* varían su actividad a lo largo del año, teniendo períodos de mayor actividad en primavera y verano, y de latencia en invierno. En cuanto a su hábitat, como una estrategia para evadir las bajas temperaturas, esta especie hiberna dentro de edificaciones y en primavera coloniza cultivos, habiéndose descrito como arborícola en Europa.

Por otra parte, se ha distinguido una variación en la coloración de los élitros según la temperatura, siendo en épocas frías los individuos más melánicos. Por su gran longitud, Chile presenta diversas condiciones ambientales, que varían de norte a sur dependiendo de la época del año. Por ello, los avistamientos de *H. axyridis*, el uso del hábitat y la coloración de los élitros podría variar de acuerdo a las temperaturas imperantes en las distintas épocas del año y en las distintas latitudes. En esta Memoria de título se analizaron el número de avistamientos, el tipo hábitat y la coloración de élitros en *H. axyridis* en Chile en función de la latitud y época del año, a partir de los registros ciudadanos reportados en el sitio web en el período del 2012-2017.

Para identificar el número de avistamientos de *H. axyridis* y como varían dentro de la latitud y época del año se consideró el promedio de avistamiento para cada latitud registrada y cada mes apuntado durante los años 2012 – 2017. Se analizó las diferencias significativas de los registros por medio de un Tukey. También, se describió el uso de hábitat de los registros de *H. axyridis* de acuerdo a la latitud y época del año. Identificando los registros como interior y exterior. Para ver las diferencias Significativas se hizo el test de Tukey. Por último se reconocieron los patrones de melanización de la chinita arlequín de acuerdo al gradiente latitudinal y época del año. La cual predice que, a temperaturas más bajas, la melanización de los élitros de los coccinélidos sería mayor. Además se realizó un ANDEVA

factorial de tres vías para evaluar los efectos del mes, la latitud, hábitat e interacciones sobre el número de avistamientos de *H. axyridis*. Dentro de los resultados obtenidos, el promedio más alto de registros se obtuvo en abril y mayo, el menor se identificó en diciembre, en cuanto a la latitud la 33° S. En cuanto al tipo de hábitat usado por *H. axyridis* en función del mes y latitud, los registros provinieron en su mayoría del interior de los hogares, a excepción del mes de octubre donde se invierten los patrones de observación, se registra más avistamiento en el exterior. En cuanto a las latitudes, en la 36° S, 37° S y 38° S son más los avistamientos en el exterior. Los patrones de melanización observado en *H. axyridis* no se logran correlacionar con la variable latitud, sin embargo, se encuentra una relación con los meses de avistamiento en que se registran. Se reconoce una variación en los avistamientos de chinita arlequín de acuerdo a la época del año y a la latitud en la que se encuentra. Se logró identificar el uso de hábitat de *H. axyridis* durante el periodo 2012- 2017, siendo los registros más abundantes en el hábitat interior para todas las latitudes en cuanto a la temporalidad, se dejó en evidencia la preferencia del hábitat interior cuando se aproximan los meses de menor temperatura, para realizar la hibernación. Finalmente, se reconoce una influencia de la temporalidad y la temperatura en la melanización de *H. axyridis*.

Abstract

The recent invasion of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Chile has caused a many of problems, including the reduction in the diversity of coccinellidae, specifically of natives species, and human discomfort because they hibernate in homes during the colder seasons of the year, being the source of allergic and esthetic problems. In order to study this phenomenon a citizen science initiative was develop, where citizens could report their sightings of the species in the website <http://www.chinita-arlequin.uchile.cl>. This website was launched in the year 2011, and up to date it has gathered approximately 2.216 records regarding localization, sighting dates, habitat type and photographs of the specimens. In other parts of the world, *H. axyridis* populations vary their activity throughout the year, having periods of greater activity in spring and summer, and latency in winter. In terms of habitat, this species hibernates within buildings as a strategy to evade low temperatures, and in the spring colonizes crops, having been described as arboreal in Europe. A variation in the coloration of the elytra has been distinguished according to the temperature, with the most melanic individuals present during colder periods.

Because of its lenght, Chile has diverse environmental conditions, which vary from north to south depending on the time of year. Therefore, the sightings of *H. axyridis*, the use of habitat and the coloration of the elytra could vary according to the prevailing temperatures at different times of the year and in different latitudes. In this study, the number of sightings, habitat type and coloration of elytra in *H. axyridis* in Chile was analyzed according to the latitude and time of year, using the citizen records reported on the website in the period of 2012 -2017.

To identify the number of sightings of *H. axyridis* and how they vary within the latitude and the time of year, the average sighting is produced for each recorded latitude and each month targeted during the years 2012 - 2017. The significant differences of the records by means of a Tukey. Also, the habitat use of the *H. axyridis* records was described according to the latitude and time of year. Identifying the records as interior and exterior. To see the significant differences, the Tukey test was done. Finally, the melanin patterns of the harlequin ladybird were recognized according to the latitudinal gradient and time of year. Which predicts that, at lower temperatures, the melanization of the elytra of the coccinellids would be greater. In addition, a three-way factorial ANOVA was performed to evaluate the

effects of the month, latitude, habitat and interactions on the number of sightings of *H. axyridis*. Among the results obtained, the highest average of records was obtained in April and May, the lowest was identified in December, in terms of latitude 33° S. In terms of the type of habitat used by *H. axyridis* depending on the month and latitude, the records came mostly from inside the homes, except for the month of October that records the most sightings abroad. The same happens in the latitudes, only at latitude 36° S, 37° S and 38° S are more sightings abroad. The melanization patterns observed in *H. axyridis* cannot be correlated with the latitude variable, however, a relationship is found with the months of sighting in which they are recorded. A variation in the sightings of the harlequin ladybird is recognized according to the time of year and the latitude in which it is found. It was possible to identify the habitat use of *H. axyridis* during the period 2012-2017, being the most abundant records in the interior habitat for all the latitudes in terms of temporality left in evidence the preference of the interior habitat when the months of lower temperature, to perform hibernation. Finally, an influence of temporality and temperature on the melanization of *H. axyridis* is recognized.

Introducción

Harmonia axyridis (Pallas, 1772) (Coleoptera: Coccinellidae), comúnmente conocida como chinita arlequín o asiática, se considera una especie invasora ya que cuando llega a un lugar es capaz de propagarse rápidamente y expandir su distribución en un corto plazo, resultando muchas veces en consecuencias negativas para la biodiversidad local (Vitousek y col., 1996). Ello ocurre porque usualmente en el nuevo sitio encuentra condiciones de hábitat favorables y ausencia de enemigos naturales que puedan controlar la expansión de sus poblaciones, lo que determina una alta tasa de reproducción, sobrevivencia y colonización de nuevas áreas. Por su gran voracidad y eficiencia en controlar áfidos (Hemiptera: Aphididae), esta especie fue introducida en muchas partes del mundo como agente de control biológico, y luego se ha expandido a otras regiones de manera accidental. En las regiones invadidas, su llegada resultó en una disminución de la abundancia y diversidad de coccinélidos nativos debido a la competencia por alimento y depredación intragremio, además del daño y consumo de frutos blandos maduros, causando pérdidas económicas en algunos lugares (Koch, 2003; Roy y col., 2016; Kenis y col., 2017; Zaviezo y col., 2019). Además, provoca molestias al ser humano dado su hábito de hibernar dentro de las casas, donde como mecanismo de defensa los individuos secretan un líquido viscoso color amarillo, conocido como “*reflex bleeding*”, compuesto por alcaloides tóxicos contenidos en la hemolinfa y que puede generar reacciones alérgicas (Pickering y col., 2007). Por todo lo anterior, *H. axyridis* es considerada una de las especies invasoras más problemáticas en el planeta, teniendo más consecuencias ecológicas negativas que beneficios como controladora de plagas (Majerus y col., 2006).

En Chile, esta especie fue introducida por el INIA el año 1998 desde Francia, pero estas poblaciones no proliferaron (Grez y col., 2010). Sin embargo, análisis retrospectivos y estudios genéticos de poblaciones registradas posteriormente, en el año 2008, sugieren que en el año 2003 ocurrió una segunda introducción accidental en Chile Central de individuos provenientes desde el Este de EE.UU., que es donde se desarrolló la variedad invasora (Lombaert y col., 2014). En pocos años la chinita arlequín amplió rápidamente su distribución en el país, observándose con frecuencia y continuamente desde La Serena hasta Puerto Montt, colonizando principalmente ambientes perturbados, pero también nativos (Grez y col., 2016, Grez y col., 2017).

Una de las herramientas que permitió conocer la invasión de esta especie en Chile fue la generación en el año 2011 del sitio web Chinita arlequín: *Harmonia axyridis* en Chile (<http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/>), destinado al registro en línea por parte de voluntarios de ocurrencias de *H. axyridis* en el país (Grez & Zaviezo, 2015). Esto se conoce como una iniciativa de Ciencia Ciudadana, que consiste en investigaciones científicas llevadas a cabo por investigadores en colaboración con voluntarios ciudadanos que se involucran en el entendimiento de fenómenos, tales como, aquellos relacionados con enfermedades o medio ambiente (Pocock y col., 2015, Swanson y col., 2016). Los registros por parte de voluntarios han resultado ser un pilar fundamental en la investigación relacionada con la conservación, biodiversidad y fenómenos de invasión biológica (Pocock y col., 2018). En particular, la amplia dispersión geográfica de los colaboradores y la continuidad de los registros en el tiempo permiten representar de buena manera fenómenos que ocurren a grandes escalas espacio-temporales, como son las invasiones biológicas (Lepczyk y col., 2009). La Ciencia Ciudadana no solo sirve para aumentar el número de registros en estos fenómenos a gran escala sino también contribuye al compromiso con el medio ambiente por parte de los ciudadanos (Pocock y col., 2018). Iniciativas como la implementada en Chile han sido previamente utilizadas para estudiar la invasión de *H. axyridis* en otras latitudes del mundo. Un ejemplo es la página “The Harlequin Ladybird Survey” (Roy, 2009), implementada en el Reino Unido el año 2005, la cual permite a los usuarios reportar hallazgos de ésta y otras especies de coccinélidos mediante una breve encuesta. Desde sus inicios hasta el año 2017, en esta página se han obtenido alrededor de 14.468 registros, con los cuales se han generado mapas anuales del avance en la distribución de *H. axyridis* en esa región (Comont y col., 2017).

En Chile el sitio web Chinita arlequín: *Harmonia axyridis* entrega información general del fenómeno de esta invasión y sus consecuencias, enseñando a identificar esta especie y distinguirla de las otras especies de coccinélidos presentes en el país, mostrando la distribución actual (obtenida en gran parte gracias al aporte de los voluntarios) e invitando a reportar un hallazgo, mediante una encuesta. Esta encuesta solicita datos del informante (identificación, edad, comuna de residencia) y del hallazgo (fecha, comuna del hallazgo, número de ejemplares, estado de desarrollo, actividad del insecto y hábitat) y exige subir una fotografía del ejemplar observado, así como marcar el lugar del hallazgo en un mapa (Google maps); luego la fotografía y el registro son validados por un experto. La iniciativa ha sido exitosa, con un número significativo de observaciones de esta especie por cuanto

desde el 2011 hasta la agosto del 2017 se reunieron 2.216 registros. Si bien parte de la información recopilada en la página web ha resultado en varias publicaciones científicas (Grez y col., 2010; Roy y col., 2016; Grez y col., 2016; Grez y col., 2017), la información más allá de las coordenadas de ocurrencias no ha sido analizada, tales como el hábitat, o la fenología de esta especie en un gradiente latitudinal.

Por su gran longitud (17° 30' a 56° 30' de Latitud Sur), Chile presenta diversas condiciones ambientales, que varían de norte a sur dependiendo de la época del año (Di Castri & Hajek, 1976). Los organismos, especialmente ectotermos, como los insectos, pueden variar en sus tiempos de actividad a lo largo de su distribución, de acuerdo con las condiciones ambientales presentes en el lugar de desarrollo. Este podría ser el caso de *H. axyridis* en Chile, dado que presenta una amplia distribución, la que va continuamente desde los 29° S hasta los 41° S (Grez y col., 2016). Esta especie, además, prefiere temperaturas templadas (Barahona-Segovia y col., 2016), de manera que su frecuencia de aparición a lo largo del país podría variar de acuerdo a las temperaturas imperantes en las distintas épocas del año en las distintas latitudes.

Harmonia axyridis presenta un alto polimorfismo en los patrones de color (Osawa y col., 1992). Los principales morfos están controladas por la presencia de 15 alelos dispuestos en el locus multialélico que define la expresión de cada uno, siendo los morfos más expresados *succinea*, *axyridis*, *spectabilis* y *conspicua* (Michie y col., 2010). En Chile sólo se ha encontrado la forma *succinea*, que es el fenotipo con mayor presencia en el mundo (Raak-van den Berg y col., 2014), donde domina el color naranja y la presencia de nueve puntos negros en cada élitro. Las poblaciones de *H. axyridis*, morfo *succinea*, contienen formas tanto melánicas (más oscuras) como no melánicas y los cambios en la frecuencia de alelos en algunas poblaciones sugieren que el melanismo puede ser ventajoso en invierno, pero costoso en verano. Esto ocurriría por plasticidad fenotípica, la cual es un cambio en el comportamiento, morfología o fisiología de un individuo provocado por el ambiente (Michie y col., 2011). Por medio de plasticidad, los individuos podrían tener un mejor desempeño en condiciones ambientales variables (Price y col., 2003; Castañeda y col., 2005; Castro y col., 2011). Se sabe que la temperatura a la cual están expuestos individuos del cuarto estadio larval o pupa influye en el tamaño corporal y la coloración de los adultos de *H. axyridis*, siendo más pequeños y menos melánicos a temperaturas altas (Knapp & Nedved, 2013). Además, en una población japonesa se ha observado que en el

morfo succinea de *H. axyridis* aumenta la abundancia de individuos más claros en la temporada de verano con altas temperaturas (Osawa & Nishida 1992, Wang y col., 2009). En condiciones de temperaturas ambientales más frías, individuos ectotermos melánicos pueden llegar más rápido a la temperatura fisiológica óptima, alcanzar un mayor nivel de actividad y una mayor reproducción respecto individuos no melánicos (Truellas y col., 2007). Por lo anterior, es esperable que a lo largo de su distribución en el gradiente latitudinal en Chile individuos más melánicos de *H. axyridis* se desarrollen con mayor frecuencia en épocas más frías y a mayores latitudes, lo que podría ser una ventaja adaptativa a este tipo de ambientes (Fig.1).



Fig 1. Progresion de melanización de *H.axyridis*.

Objetivo General

En este Seminario de título se propuso analizar el número de avistamientos, hábitat y coloración de élitros en *H. axyridis* en Chile en función de la latitud y época de año, a partir de una iniciativa de Ciencia Ciudadana.

Objetivos Específicos

- 1) Identificar si el número de avistamientos de *H. axyridis* varía en función de la latitud y época de año.
- 2) Describir el uso del hábitat de *H. axyridis* en función época de año y latitud.
- 3) Reconocer los patrones de melanización de *H. axyridis* y cómo estos varían en función de la latitud y época del año.

Materiales y Métodos

A partir de los avistamientos reportados en la página de internet <http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/>, desde enero del año 2012 hasta diciembre 2017, se realizó una clasificación de registros y se corroboró que tuviesen la información necesaria para los objetivos de este estudio: fecha de observación, localidad, coordenada geográfica del punto de avistamiento, tipo de hábitat y fotografía. Primero se cuantificó el número de avistamientos por época del año, se agruparon todos los registros según mes y año en que fueron observados. Con ellos se estimó un Promedio de avistamientos por mes en los años de estudio. Luego, se calculó el número de reportes según latitud, se identificó la latitud de cada registro y se agruparon en intervalos correspondientes al grado latitudinal, sin considerar los minutos ($1' = 1.761,78$ m) y segundos ($1'' = 29,36$ m) informados. Con esta información, se estimó un Promedio de avistamientos por latitud en los años de estudio. Se consideró desde la latitud 30° S a 41° S puesto que el grueso de los datos se encontró dentro de esas latitudes.

El tipo de hábitat de *H. axyridis* se infirió a partir de la información entregada en los registros en la sección “Hábitat de hallazgo”. Considerando que *H. axyridis* tiene el hábito de hibernar dentro de edificios o casas y luego en primavera se activa utilizando hábitats fuera de estas construcciones (Koch y col., 2007), se distinguió primariamente si el hábitat era de interior o exterior, se consideró hábitat de interior todo registro que estuviese bajo techo o dentro de alguna edificación, y exterior los registros que estaban al aire libre. En el caso que no se explicitara el hábitat, se revisó la fotografía para identificar si el registro correspondía a un hábitat de interior o exterior (Fig. 2). Los registros en hábitat de exterior se subdividieron en: Áreas verdes urbanas, vegetación nativa y áreas de uso productivo (i.e., cultivos agrícolas o forestales). Cabe destacar que los puntos clasificados en uso productivo y vegetación nativa corresponden a zonas rurales.

Para evaluar si el número de avistamientos variaba según el mes, latitud y tipos de hábitat se realizó un ANDEVA factorial de tres vías más interacciones, considerando los años como replicas. Previamente, los datos se transformaron con $\ln(x+1)$ para cumplir con los supuestos, los cuales se corroboraron con la prueba de Shapiro-Wilk (normalidad) y la prueba de Levene (homocedasticidad). Las medias se separaron mediante pruebas post hoc de Tukey HSD. Para todas las inferencias se estipuló un $p < 0,05$ por debajo del cual

se rechazó la hipótesis nula de igualdad entre grupos. Todos los análisis se hicieron en el programa Infostat v. 2008.

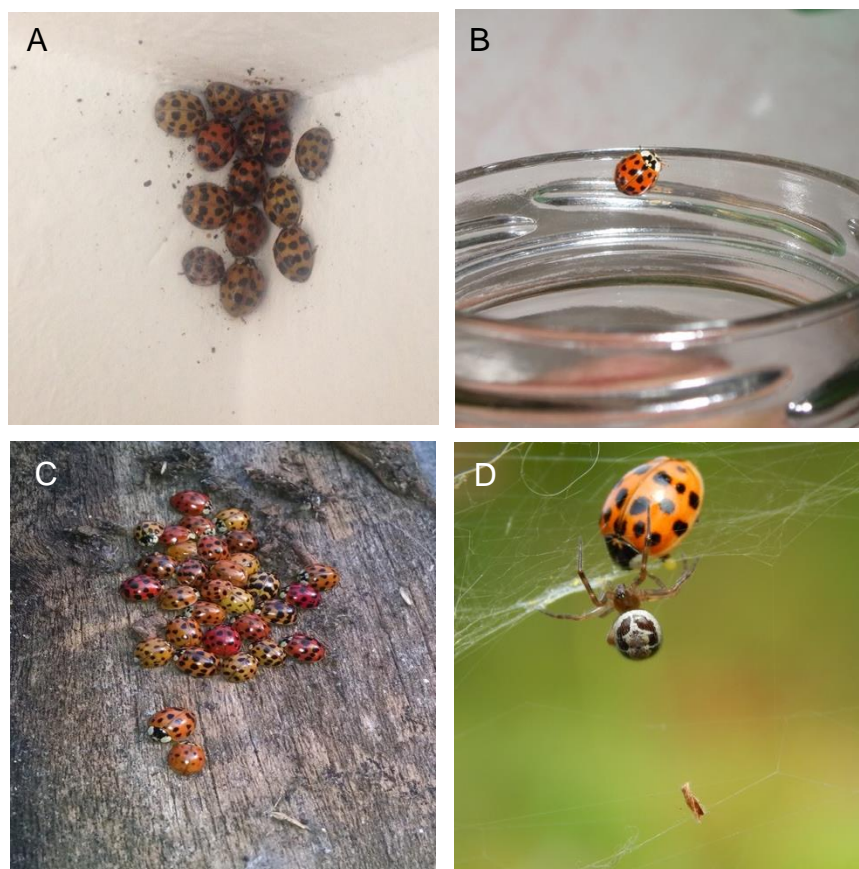


Figura 2. Registros fotográficos proporcionados por los científicos ciudadanos. A y B: Registros clasificados en hábitat interior. C y D: Registros clasificados en hábitat exterior.

Para caracterizar el nivel de melanización de *H. axyridis*, a partir de las fotografías proporcionadas por los científicos ciudadanos se calculó la proporción del área de los élitros cubierta por puntos negros (Fig. 3). Para ello se analizaron 289 imágenes de *H. axyridis* con el software Image J 1.50i, que permite un análisis y procesamiento de imágenes. Se tomaron las imágenes que permitían ver la totalidad del cuerpo, en cada una se midió el área de los élitros y la superficie cubierta por los puntos negros. Para ello, se calculó el ancho y alto de todos los puntos que se disponen en los élitros (Fig. 2A) y el área de los élitros (largo de los élitros multiplicado por el ancho de los élitros de un individuo (Fig. 2B). El área de melanización se representó como la porción aproximada del élitro cubierto por todos los puntos negros y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Área de melanización} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i * h_i)}{A_e}$$

Siendo, w_i = ancho de la mancha, h_i = alto de la mancha y A_e = área de los élitros (modificado de Knapp & Nedved 2013).



Figura 3. Variables por medir para estimar el área de los élitros cubierta por puntos negros (modificado de Knapp & Nedved 2013).

Los registros se agruparon por el mes del año y latitud. Se corroboró que los datos cumplieran con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, identificándose que los datos no satisfacían dichos supuestos. Por ello, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para ver si existía diferencia significativa entre las categorías de las variables. Se tomaron las variables latitud, mes del año y temperatura media para evidenciar que

variable tiene influencia sobre el área de melanización. Los datos de temperatura se extrajeron del anuario climatológico (2012-2017) correspondiente a la dirección Aeronáutica de Chile. Tomando en cuenta el mes y la latitud del registro se obtuvo la temperatura media del día que fue avistado. Considerando todos los factores se realizó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) para predecir cuál de ellos influyen en la variable área de melanización, usando una distribución binomial negativa (Link function = -1.42). Los cálculos se ejecutaron en el software RStudio 1.1463 y se cargaron las librerías MASS, MATRIX, nlme, Hmisc, multcomp, MuMin, pudiendo ejecutar los diferentes modelos propuestos.

Resultados

1. Avistamientos de *H. axyridis* en función de la época del año y la latitud.

De un total de 2.216 registros validados en la página web en el período 2012-2017, el 12% ocurrió el año 2012 (n=289), otro 12% el 2013 (n=288), 9% el 2014 (n=214), 35% el 2015 (n=819), 14% el 2016 (n=330) y 16% el 2017 (n=380). Los meses con más avistamientos fueron abril, con un 29% (n=644), mayo 28% (n=616) y junio %16 (n=351), y el mes con menor número de reportes fue diciembre, con un 1% (n=39).

Tabla 1. Resultado del ANDEVA factorial de tres vías para evaluar los efectos del mes, latitud, hábitat e interacciones sobre el número de avistamientos de *H. axyridis*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	489,63	287	1,71	6,49	<0,001
Mes	81,61	11	7,42	28,21	<0,001
Latitud	227,85	11	20,71	78,77	<0,001
Hábitat	20,46	1	20,46	77,82	<0,001
Mes*Latitud	69,79	11	0,58	2,19	<0,001
Mes*Hábitat	21,35	11	1,93	7,35	<0,001
Latitud*Hábitat	33,73	11	3,07	11,66	<0,001
Mes*Latitud*Hábitat	34,94	121	0,29	1,10	0,228
Error	378,65	1140	0,26		
Total	868,28	1727			

Hubo un efecto significativo del mes en el número de avistamientos de *H. axyridis* en los años estudiados ($p < 0,001$; Tabla 1). El promedio de avistamientos fue mayor en abril ($\text{Ln media} \pm \text{ee} = 4,17 \pm 0,23$) y mayo ($4,38 \pm 0,30$) y menor en diciembre ($1,95 \pm 0,16$) (Figura 4).

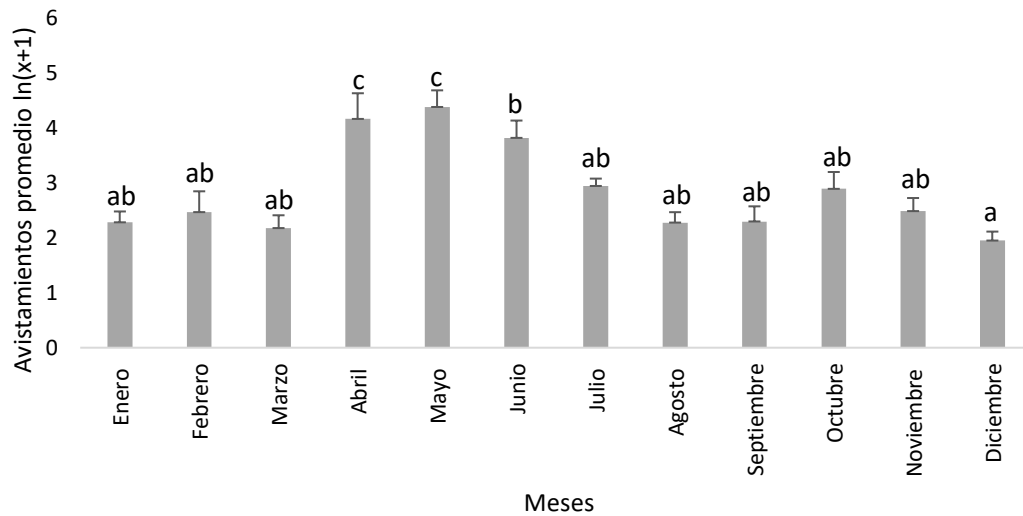


Figura 4. Promedio de logaritmo ($\ln x+1$) de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por mes entre los años 2012 y 2017. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

En cuanto a la latitud, los avistamientos se distribuyeron desde 30° S hasta la 41° S. Un 47% se observó en la latitud 33° S ($n=1046$) y un 17% en la latitud 36° S ($n=380$) en contraste con la latitud 30° S y 31° S que presentan un 1% de los avistamientos, respectivamente. Hubo un efecto significativo de la latitud en el número de avistamientos de *H. axyridis* en los años estudiados ($\ln x+1$) ($p < 0,0001$) (Tabla 1), siendo mayor en las latitudes 33° S y 36° S y menor en la latitud 30° S (Figura 5).

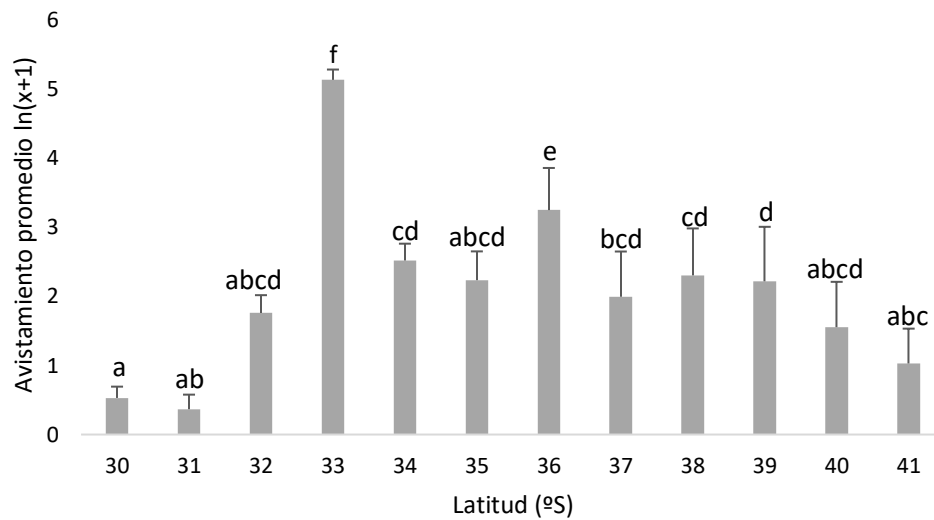


Figura 5. Promedio de logaritmo ($\ln x+1$) de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por latitud entre los años 2012 y 2017. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

También existió una interacción significativa entre la latitud y el mes del año (Tabla 1), siendo el número de avistamientos siempre mayor en la latitud 33° S, pero significativamente mayor que el resto sólo en los meses de enero, mayo, junio y julio. En los otros meses no se detectaron diferencias significativas en los avistamientos a las distintas latitudes. En abril se observa un alto número de avistamientos desde la latitud 33° S, lo que se mantiene en mayo, aunque en este mes la latitud 33° S ya se diferencia del resto (Figura 6).

Promedio de avistamientos $\ln(x+1)$

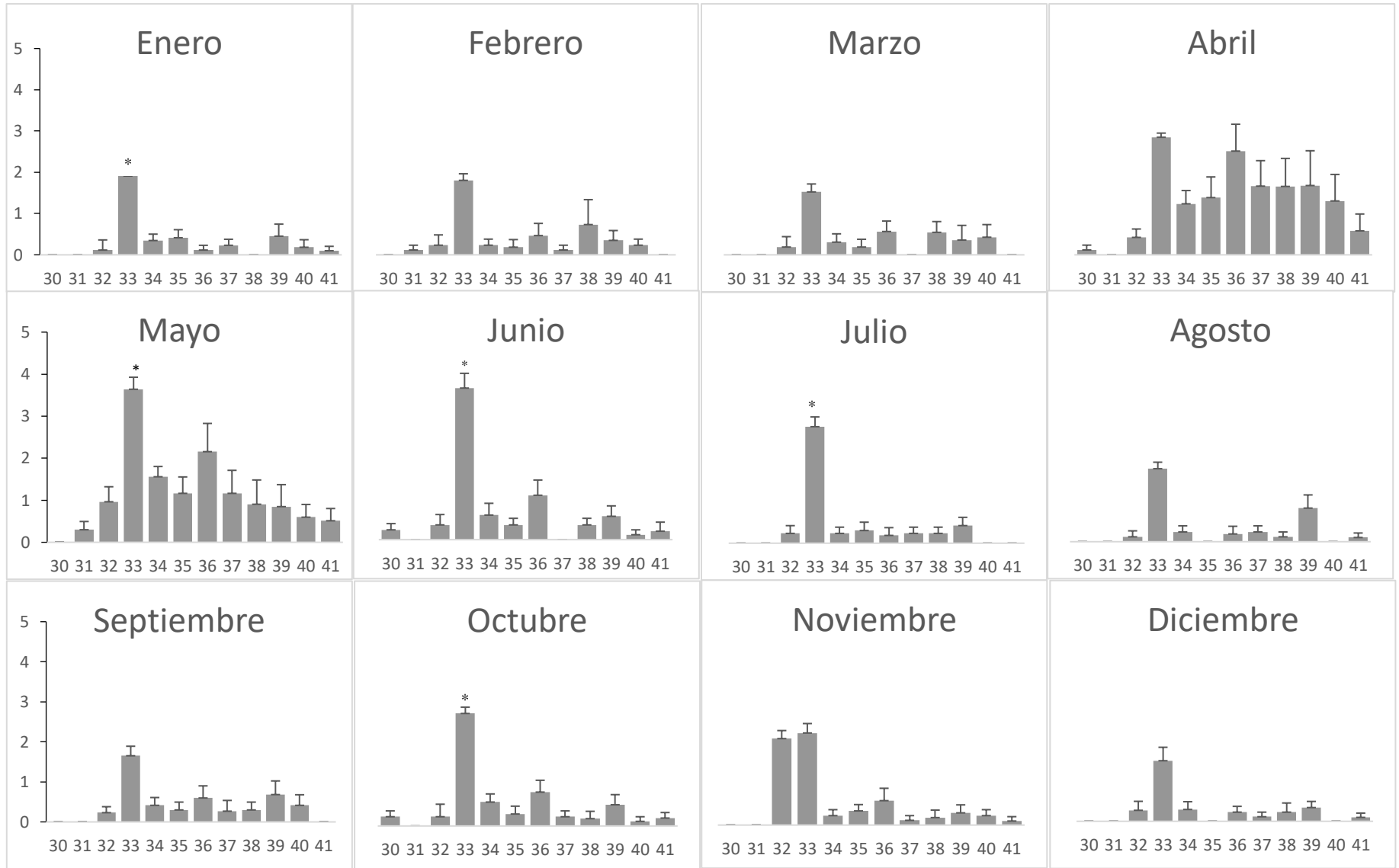


Figura 6. Promedio de los avistamientos ($\ln(x+1)$) \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* por latitud según mes. Los asteriscos indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Latitud ($^{\circ}$ S)

2.1. Uso del hábitat de *H. axyridis*.

Hubo un efecto significativo del hábitat y de la interacción hábitat * mes y hábitat * latitud sobre el número de avistamientos, pero no hubo una interacción significativa hábitat * mes * latitud (Tabla 1). El 74% (n = 1546) de los registros ocurrieron en el interior de las casas y solo el 26% (n = 558) en el exterior. Los meses que registraron más avistamientos en el interior de las casas fueron abril (n = 508), mayo (n = 474) y junio (n = 163), en tanto, los meses con más avistamientos en el exterior fueron abril (n = 169), mayo (n = 104) y octubre (n = 81). En marzo, abril y mayo el número de avistamientos fue significativamente mayor en el interior que en el exterior de las casas. En junio, julio y agosto se observa la misma tendencia, pero las diferencias no son significativas (Figura 7).

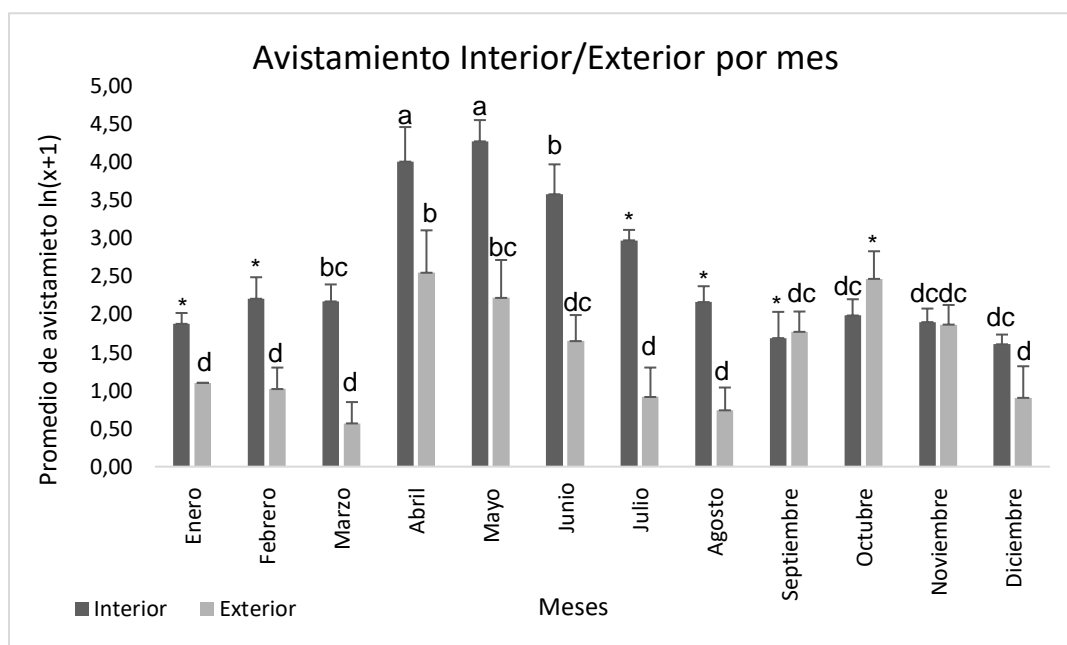


Figura 7. Promedio de los avistamientos ($\ln(x+1) \pm ee$) del número de avistamientos de *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según mes, entre los años 2012 y 2017. Los asteriscos * = bcd. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Sólo en la latitud 33° S hubo un número significativamente mayor de avistamientos en el interior que en el exterior de las casas (Figura 8). Sin embargo, al analizar el uso de hábitat por mes y latitud (Figura 9) se observa que a los 33° S ello ocurre en los meses de abril, mayo, junio, julio y diciembre y a los 36° S en abril y mayo. Es interesante notar que a los 33° S en octubre hubo significativamente más avistamientos en hábitats de exterior (Figura 9).

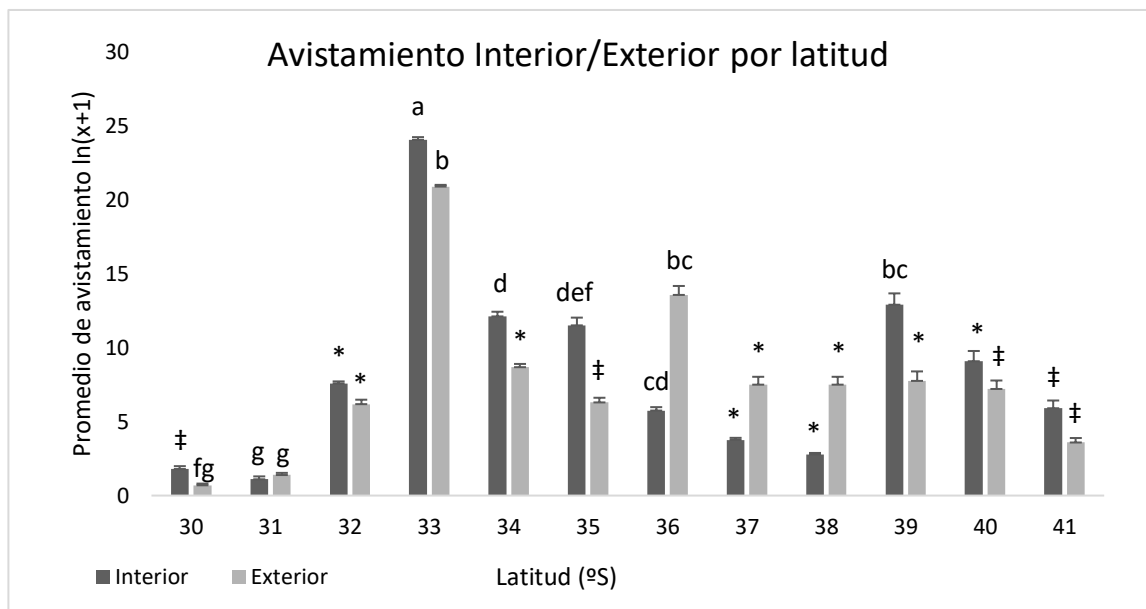


Figura 8. Promedio de logaritmo de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos $(\ln x + 1)$ *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según latitud, entre los años 2012 y 2017. El * = defg, ‡ = fg. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Promedio de avistamientos $\ln(x+1)$

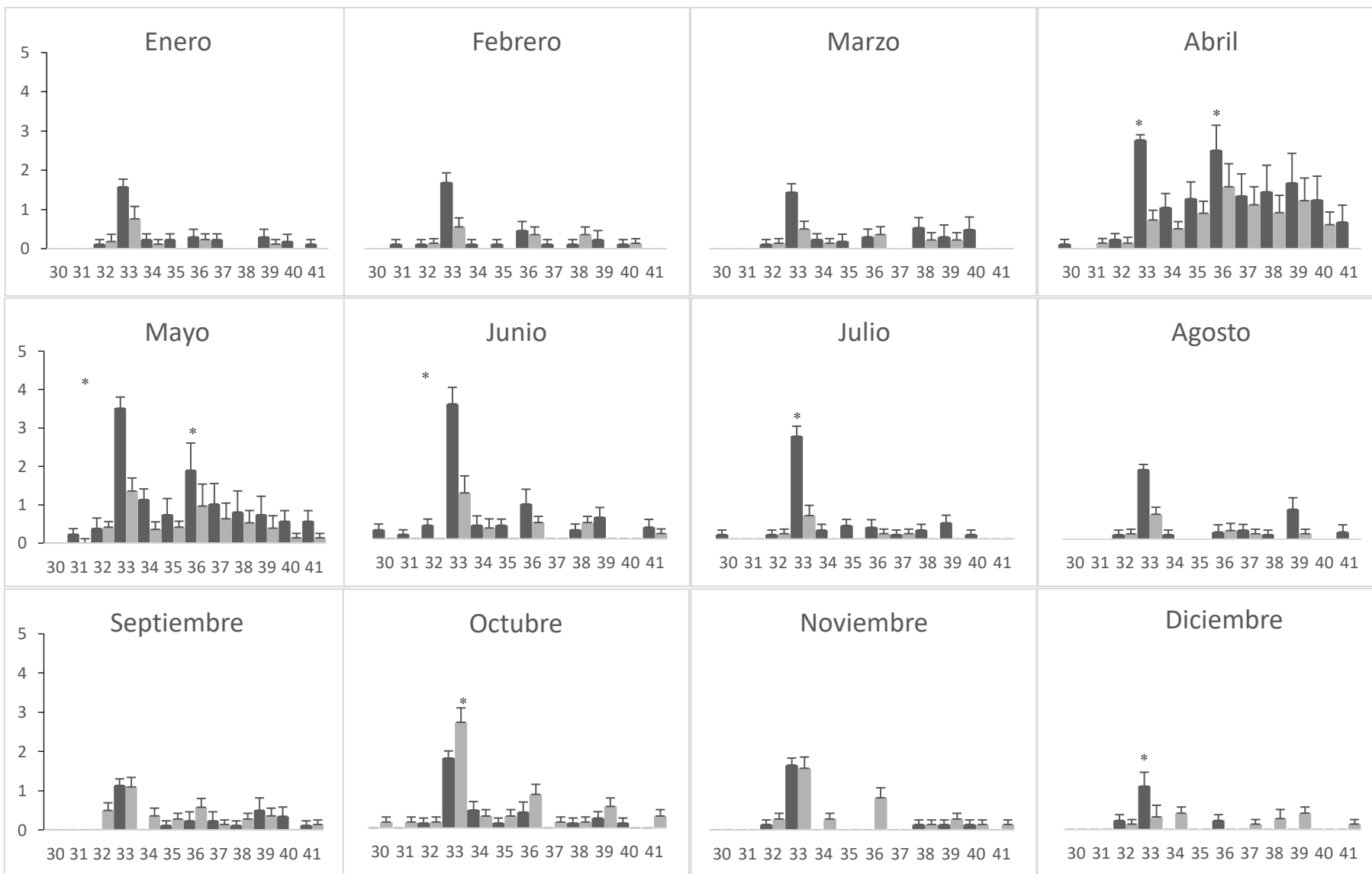


Figura 9. Promedio de logaritmo de los avistamientos \pm ee del número de avistamientos de *H. axyridis* en hábitats de interior y exterior, según latitud y mes, entre los años 2012 y 2017. El asterisco indica diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

■ Interior ■ Exterior

Latitud (°S)

2.2. Uso de hábitat exterior.

Al clasificar los avistamientos en el hábitat de exterior en áreas verdes urbanas, áreas de uso productivo y áreas con vegetación nativa se observa que, en todos los años, el uso de áreas verdes urbanas fue el más reportado, con un 80% el año 2012, un 78% el 2013, un 90% el 2014, un 82% el 2015, un 53% el 2016 y un 72% el 2017 (Figura 10). En el Anexo – Tabla I, se especifica el detalle del hábitat de exterior reportado por los voluntarios, se identificó que *H. axyridis* usa una variedad de plantas, incluyendo árboles, nativos y exóticos, arbustos, cultivos, plantas ornamentales.

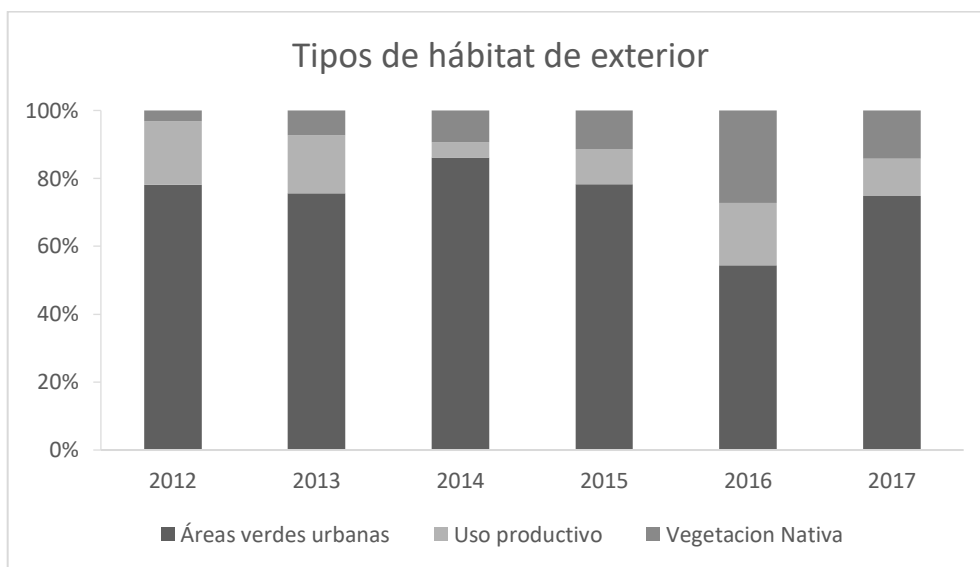


Figura 10. Representación de los tipos de hábitat según año.

3. Patrones de melanización de *H. axyridis* y su variación en función de la latitud y época del año.

Las 289 imágenes de *H. axyridis* medidas resultó que la melanización varió por latitud, donde la latitud 41° S ($\bar{x} = 0,36$) tuvo la proporción de melanización más alta, seguida por la latitud 32° S ($\bar{x} = 0,31$) y 30° S ($\bar{x} = 0,3$) (Figura 11).

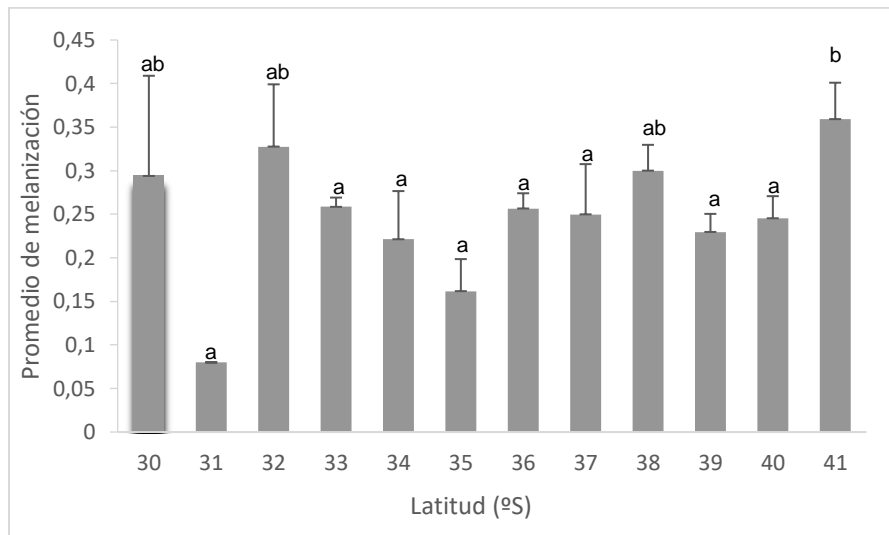


Figura 11. Promedio de la proporción de melanización por latitud. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Los meses con promedios más alto de melanización en *H. axyridis* fueron los meses junio ($\bar{x} = 0.30$), julio ($\bar{x} = 0.30$), agosto ($\bar{x} = 0,29$) y septiembre ($\bar{x} = 0,31$), en tanto los con promedios más bajos fueron enero y noviembre, con el resto de los meses con promedios de melanización intermedia (Figura 12).

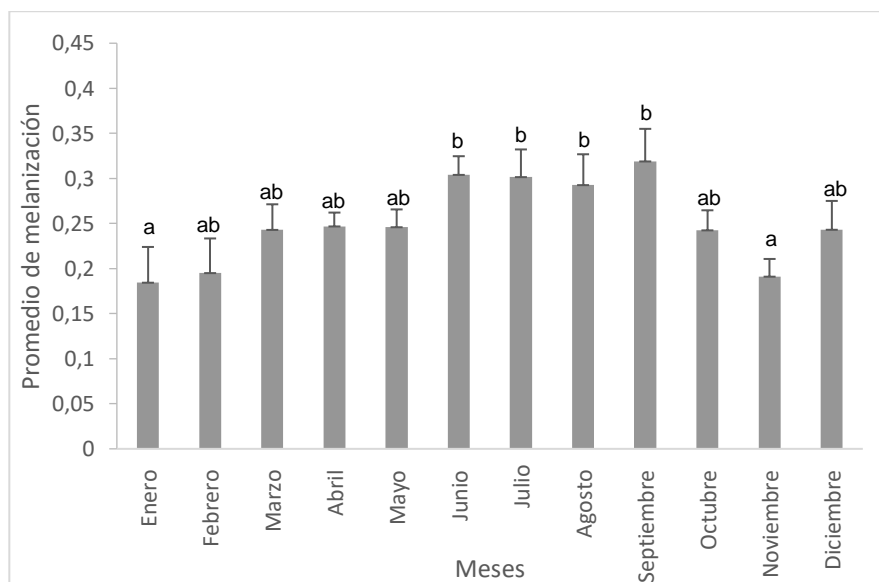


Figura 12. Promedio de la proporción de melanización por mes. Las letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

El Modelo Lineal Generalizado (GLM) arrojó que el modelo 4 (tabla 2) tiene un 50.7 % a la hora de explicar el área de melanización de *H. axyridis*. Este modelo incluye las covariables mes y temperatura media (Tabla 3).

Tabla 2.- Tabla de covariables y modelos candidatos. Tm = temperatura media; Am = área de melanización.

	Covariables	Factor	Respuesta	Modelo conjunto de candidatos
1	Tm	Tm	Am	Am=Tm
2	Mes	Tm	Am	Am=Mes
3	Latitud	Tm	Am	Am=Latitud
4	Tm + Mes	Tm	Am	Am=Tm + Mes
5	Tm + Mes + (Tm * Mes)	Tm	Am	Am=Tm + Mes + (Tm * Mes)
6	Tm + Lat	Tm	Am	Am=Tm + Lat
7	Tm + Lat + (Tm * Lat)	Tm	Am	Am=Tm + Lat + (Tm * Lat)
8	Lat + Mes	Tm	Am	Am=Lat + Mes
9	Lat + Mes + (Lat * Mes)	Tm	Am	Am=Lat + Mes + (Lat * Mes)
10	Tm + mes + Lat	Tm	Am	Am=Tm + mes + Lat

Tabla 3 .- Tabla de modelos candidatos del GLM.

Modelos	K	Loglik	AICc	ΔAICc	Peso	X²	df	Gof
Tm + Mes	4	-994.49	1997.1	0	0.507	291.9	285	0.37
Tm + Mes + Lat	5	-994.40	1999.0	1.891	0.197	291.4	284	0.36
Tm + Mes + (Tm* Mes)	5	-994.48	1999.2	2.054	0.181	291.9	284	0.36
Mes	3	-997.53	2001.1	4.030	0.068	291.9	286	0.39
Lat + Mes	4	-997.26	2002.7	5.557	0.031	291.9	285	0.29
Lat + Mes + (Lat * Mes)	5	-996.89	2003.9	6.881	0.016	291.9	284	0.36
Tm	3	-1021.24	2048.6	51.444	0	300.7	294	0.39
Tm + Lat	4	-1021.15	2050.4	53.316	0	300.1	293	0.38
Tem + Lat + (Tm * Lat)	5	-1020.40	2051.0	53.885	0	310.1	292	0.36
Lat	3	-1023.57	2053.2	56.106	0	305.5	294	0.39

Discusión

La Ciencia Ciudadana ha contribuido enormemente al monitoreo de las especies invasoras, atrayendo a la ciudadanía a relacionarse con los problemas ecológicos y su posible solución. En especial, ha proporcionado información a los científicos sobre el desarrollo, comportamiento y expansión de *H. axyridis*, permitiendo la generación de modelos de distribución y guiar los esfuerzos a la hora de erradicar la especie invasora (Kabori y col., 2016; Alaniz y col., 2018). Además, ha ayudado a identificar de manera adelantada los problemas que puede generar su ingreso a determinadas áreas, tales como la invasión de los hogares a la hora hibernar, el deterioro de los cultivos de frutos blandos, el desplazamiento de nicho y depredación intragremio (Brown y col., 2011). En este trabajo, los registros de ciencia ciudadana permitieron distinguir cómo han variado en Chile los avistamientos de *H. axyridis*, el uso del hábitat y los patrones de melanización en función de la latitud y época del año, los tres objetivos de este Seminario de tesis.

Variación de avistamientos de H. axyridis en función de la latitud y época del año.

Se observó una variación de los avistamientos según latitud, con mayores valores en la latitud 33° S (47% de los registros) al considerar todo el periodo de recolección de datos (2012-2017), hecho que se repitió todos los años. A los 33° S se encuentran las ciudades de Santiago (33°28'21.68" S), en la Región Metropolitana, y Viña del Mar (33°01'28" S) y Valparaíso (33°02'09.6"S), en la Región de Valparaíso. En estas regiones se concentra la mayor densidad de habitantes por km² en el país (485,8 y 113,4 habitantes por km², en la Región Metropolitana y Valparaíso, respectivamente (INE 2017). En la latitud 36° S, que corresponde a la región del Biobío, con ciudades con alta densidad de habitantes (Concepción y Chillán), también hay un número mayor de registros. Estos resultados sugieren un segundo sesgo en esta iniciativa que tiene que ver con la mayor probabilidad de reportar un avistamiento de *H. axyridis* en ciudades, donde existe una mayor población humana, que además está más conectada a redes sociales y tiene mayor acceso a internet (Dickinson y col., 2010). Sin embargo, al ser *H. axyridis* una especie considerada sinantrópica (Kindlmann y col., 2011), esto es, que vive en estrecha asociación con el hombre, es esperable que los mayores hallazgos ocurran en lugares

con alta población humana. Además, los primeros registros de esta especie invasora en el país ocurrieron en la zona central (Grez y col., 2010), por lo que la mayor frecuencia de registros en esta latitud puede reflejar un hecho real de mayores poblaciones de chinita arlequín en su área original de invasión. Es de notar que los avistamientos describen una distribución en forma de campana, con el menor número de avistamientos hacia los extremos de la curva (latitudes 30° y 41° S) en el norte y el sur del país, reflejando los límites de la distribución de esta especie en Chile o donde la invasión ha sido más reciente. Modelos de distribución de especies basados en registros en esta iniciativa de ciencia ciudadana (además de datos provistos por el Servicio Agrícola y Ganadero), en que se corrigen sesgos al eliminar registros autocorrelacionados, corroboran esta distribución (Alaniz y col., 2018), que incluye climas semi-áridos en el norte, mediterráneos en la zona central y templados en el sur del país, con asociaciones variables de plantas (Leubert & Pliscoff, 2006). Modelos climáticos previos a este estudio también indicaban una mayor probabilidad de presencia de *H. axyridis* en la zona central del país (Poutsma y col., 2008), lo que se verifica con los datos obtenidos en este estudio.

Si bien los mayores números de avistamientos en la latitud 33° S se observaron prácticamente todos los meses, es interesante que en el mes de abril todas las coordenadas que están hacia el sur de 33° S, presentan un similar número de registros. Considerando que la probabilidad de reportes en la página web aumenta en la época en que *H. axyridis* hiberna (véase más abajo), es posible que este patrón observado en abril esté asociado a este fenómeno, el cual comenzaría tempranamente en las zonas más australes del país donde las temperaturas ambientales son más bajas y disminuyen en los primeros meses del año. Además, los resultados de este estudio muestran que hay una variación en los avistamientos según mes del año, con un aumento significativo en abril y mayo, para luego decaer en junio y aún más en el resto de los meses, llegando al número menor de avistamientos en diciembre. Abril y mayo corresponde al período de otoño en el hemisferio sur, que coincide con la época en que comienzan a bajar las temperaturas y *H. axyridis* entra en un período de hibernación, buscando refugio principalmente dentro de casas donde la temperatura es más alta y en otro tipo de construcciones, manteniéndose durante el invierno (Facon y col., 2017). Al acercarse la primavera y aumentar las temperaturas, los individuos que sobreviven el invierno, ya que

se registra un alto porcentaje perece dentro de los hogares (por causas humanas) (Huelsman y col., 2002), recuperan su actividad y abandonan los sitios de hibernación para colonizar lugares donde alimentarse y reproducirse, usualmente cultivos o árboles (Grez y col., 2010). El alto número de registros en otoño sugiere que los registros de ciencia ciudadana pueden estar sesgados positivamente hacia momentos en que la ciudadanía tiene mayor contacto con esta especie mientras se encuentra al interior de los hogares, y negativamente hacia momentos en que *H. axyridis* se encuentra en lugares con menor población humana. Lo anterior sugiere que no se deben tomar estos registros de ciencia ciudadana como buenos indicadores de abundancia poblacional.

Uso del hábitat de H. axyridis en función época de año y latitud.

En general, el mayor número de avistamientos ocurrió al interior de las casas, con un 74% del total de registros. Esto fue particularmente evidente en los meses de marzo, abril y mayo, donde hubo registros del interior significativamente superiores a los hallazgos en el exterior, época en que comienza la hibernación dentro de los hogares. En junio, julio y agosto este patrón se mantiene, aunque sin diferencias significativas. Al considerar la latitud, se repite el hecho de mayores registros en el interior de los hogares, aunque ello sólo se observa en las localidades con mayores avistamientos, en las latitudes 33°. En septiembre, los registros se hacen muy similares en hábitats de interior y exterior pero ya en octubre, noviembre y diciembre se vuelven significativamente más abundantes en el exterior, como es el caso de la latitud 36°, 37° y 38° S. Ello puede reflejar el abandono de los hogares en la época en que comienzan a subir las temperaturas ambientales y los individuos se activan para ir a colonizar lugares de alimentación y reproducción en cultivos o jardines. La chinita arlequín se caracteriza por volar durante el día cuando las temperaturas son superiores a 18°C (Huelsman y col., 2002) y en nuestro estudio los promedios mensuales de temperatura durante los meses de primavera-verano superaron los 18°C, en la zona central. Cabe destacar que en los meses de abril y mayo existen abundantes registros en el exterior, individuos que podrían estar hibernando fuera de los hogares o aún activas, posiblemente en búsqueda de un refugio, dado que en esta época aún hay días con temperaturas elevadas.

Los resultados del presente estudio reflejan una alta presencia de *H. axyridis* en el interior de las casas, corroborando su condición de especie sinantrópica (Kindlmann y col., 2011), aunque parte de este efecto puede reflejar el sesgo de esta iniciativa de ciencia ciudadana hacia mayores registros en ciudades. La presencia en predios agrícolas estaría informando su potencial rol como agente controlador biológico de plagas de cultivos, motivo por el cual fue introducida a varios países del mundo (Koch, 2003; Koch y col., 2006; Grez y col., 2010). En Chile se ha evidenciado que *H. axyridis* es particularmente abundante en campos de alfalfa (Grez y col., 2016), siendo un muy voraz consumidor del áfido *Acyrtosiphon pisum*, común en este cultivo, pero a la vez un competidor eficiente en relación a otras especies de coccinélidos y, por lo tanto, una amenaza a la biodiversidad (Zaviezo y col., 2019). Por último, su presencia en lugares con flora nativa es un llamado de atención al potencial impacto sobre la fauna de insectos nativos que habitan esta flora. Modelos de distribución de especies sugieren una alta probabilidad de interacción espacial entre *H. axyridis* y coccinélidos nativos especialmente en el matorral de Chile central (Alaniz y col., 2018). En general, en el mundo *H. axyridis* ha colonizado una gran diversidad de hábitats, teniendo que adaptarse a las nuevas condiciones presentes en cada uno de éstos, demostrando una gran plasticidad en sus rasgos de historia de vida (Sakurai y col., 1992; Osawa., 2000), los que pudieron haber contribuido al éxito de su invasión. Dentro de los hábitats preferidos por *H. axyridis* se encuentran los de hoja ancha, coníferas y praderas (Kenis y col., 2016), los que se encuentran en abundancia en el territorio chileno.

Patrones de melanización de H. axyridis en función de la latitud y época del año.

Se esperaba que la melanización incrementara con la latitud dada las menores temperaturas ambientales. Esto fue observado en este estudio, pero solo en la latitud 41° S, fue la latitud más austral con el mayor promedio de melanización en *H. axyridis*. Sin embargo, las otras latitudes se comportan de manera poco consistente con la predicción y, de hecho, el GLM indican que la variable latitud (presente en el modelo aditivo (Tm+ mes +lat)) tuvo un pequeño porcentaje de incidencia sobre la melanización en la explicación del no tuvo un efecto significativo en el área de melanización de *H. axyridis*. También se esperaba una mayor melanización en individuos durante la época

de otoño-invierno lo que efectivamente ocurrió, con los promedios de melanización más altos en junio, julio y agosto, los meses con menores temperaturas.

Según los datos se presentan dos picos de registros de *H. axyridis*, lo que corrobora su comportamiento bivoltino que se ha registrado en los lugares donde se ha establecido (Majeros y col., 2016). La exposición a altas temperaturas afecta al desarrollo de *H. axyridis* en todo su ciclo desde huevo hasta adulto. En la época de otoño donde las larvas que crecen expuestas a menor temperatura aumentan el melanismo, se desarrollan individuos más oscuros que permite absorber más calor rápidamente y toleran de mejor manera las bajas temperaturas del invierno. Luego ocurriría otro ciclo en primavera, donde se exponen a mayores temperaturas las larvas, disminuye el número y el tamaño de las manchas, reduciendo el área melánica (Michie y col., 2010). El melanismo en coccinélidos puede correlacionarse con un rango de atributos fisiológicos que pueden ser ventajosos bajo determinadas circunstancias (Wang y col., 2009). Por ejemplo, la de mantención de temperaturas estables la temperatura anual, ya que los individuos oscuros presentarían una desventaja en ambientes de elevada temperatura en comparación con uno más claro.

En el caso de Lepidoptera el grado de melanización está genéticamente determinado, sin embargo, se han registrado casos en donde responde al medio, hay casos donde se ve un efecto de la temperatura en el grado de melanización (Trullas y col., 2007). De igual manera la temperatura controlaría la expresión de los genes del melanismo en *H. axyridis*, habría una respuesta en la plasticidad fenotípica a las bajas temperaturas que causa la variación de melanización en *succinea*, ya que la expresión del melanismo fluctúa estacionalmente (Fig. 12) en algunas poblaciones, prediciendo una ventaja selectiva en respuesta a las diferentes temperaturas (Wang Su y col., 2009). Este rasgo contribuiría a la diseminación de *H. axyridis* como especie invasora, siendo una ventaja frente a especies nativas que no poseen esta variación. Por otra parte, la variación de la melanización de *H. axyridis* no estaría únicamente influenciada por la temperatura, también hay otras variables como la radiación que estarían influyendo en la pigmentación de los élitros.

La Ciencia ciudadana ha permitido la recopilación de información, logrando evidenciar fenómenos de invasión biológica que abarcan una gran escala en un reducido tiempo. Ayudando así al monitoreo de la biodiversidad y promoviendo el compromiso público con la ciencia. El monitoreo por medio de la ciencia ciudadana permite establecer

comunicación entre los científicos, los ciudadanos y las agencias gubernamentales, además de generar una base de datos a gran escala, fortaleciendo las colecciones de datos, promoviendo las redes de comunicación para la valoración de la biodiversidad local por parte de los ciudadanos (Pocock y col., 2018), conectando la auténtica investigación científica con la educación científica. Alrededor del mundo se han creado diversas iniciativas, además de <http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/> que han sido exitosas, en donde se logra registrar la invasión de *H. axyridis* en Reino Unido llamado ladybird Survey (www.ladybird-survey.org), en Estados Unidos con el nombre; the lost lady bug project (<http://www.lostladybug.org/participate.php>) y Buckeye Lady Beetle Blitz (<http://ladybeetles.osu.edu>) (Gardiner y col., 2012) que han afrontan la recopilación de datos de manera distinta, pero igualmente válida, ya que cumplen con los estándares. Sin embargo, para que sean programas exitosos deben tener especial cuidado en la metodología para obtener los datos se deben considerar exactitud, precisión de los datos; tamaño de muestra suficiente; y procedimientos de muestreo estandarizados (que incluyen suficiente representación espacial y temporal). Estas consideraciones son congruentes con las buenas prácticas científicas y, por lo tanto, sugieren que los criterios utilizados para medir la calidad de los datos de los ciudadanos se ajustan a los estándares de la ciencia profesional. Generando un apoyo y el reconocimiento de los problemas reportes como una forma importante de servicio voluntario. Sin embargo, interpretar los registros de ocurrencia es desafiante, ya que la cobertura del observador varía a través del espacio y el tiempo (Isaac & Pocock, 2015): es decir, ¿la ausencia de un registro significa la ausencia de la especie o la ausencia de un observador? Se puede llevar a cabo un análisis más informativo cuando se cuenta con información suficiente como para proponer una inferencia, no necesariamente una deducción, permitiéndonos presentar así un conjunto de datos de "presencia-ausencia". Estos pueden estar disponibles en registros estructurados y semiestructurados, como lo es la gráfica, aunque para especies individuales la motivación para informar una presencia es diferente a la motivación para reportar una ausencia. Un enfoque simple para lograr esto es alentar a los observadores a reportar una lista completa de avistamientos.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos por medio de la página web <<http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/>> se logró identificar para *H. axyridis* una variación en la abundancia y frecuencia de avistamientos de acuerdo a los meses del año en el periodo 2012-2017 y latitud (30 °S – 41 °S). El hecho que los avistamientos de *H. axyridis* fueran más en abril y mayo se explica por el fenómeno de hibernación que ocurre en los meses más fríos y se logra evidenciar por medio de la ciencia ciudadana. Por otra parte, las condiciones ambientales presentes en la latitud 33 °S se consideran propicias para el asentamiento y proliferación del coccinélido.

Además, se registra que *H. axyridis* prefiere habitar en el interior de los hogares, aunque podría existir un fuerte sesgo de los registros de interior, puesto que hay una mayor probabilidad de encuentro entre el observador y el coccinélido. De manera concordante los avistamientos en el interior se acrecientan en la época de otoño, buscado refugio frente a las bajas temperaturas.

Por otra, parte se reconoce una influencia de la temporalidad y la temperatura en la melanización de *H. axyridis*, corroborando la hipótesis termal para ectotermos. Sin embargo, no se puede confirmar una influencia muy significativa de la latitud en el grado de melanización.

Se reconoce a la página <http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/>, como plataforma de ciencia ciudadana que permite caracterizar el fenómeno de invasión biológica de *H. axyridis* en Chile.

Bibliografía

- ALANIZ A., A.A. GREZ & T. ZAVIEZO (2018) Potential spatial interaction of the invasive species *Harmonia axyridis* (Pallas) with native and endemic coccinellids. *Journal of Applied Entomology* 142: 513-524.
- BARAHONA-SEGOVIA R. M., A. A. GREZ & F. BOZINOVIC (2016) Testing the hypothesis of greater eurythermality in invasive than in native ladybird species: from physiological performance to life-history strategies. *Ecological Entomology* 41(2): 182-191.
- BROWN P. M., C. E. THOMAS, E. LOMBAERT, D. L. JEFFRIES, A. ESTOUP & L. J. L. HANDLEY (2011) The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion. *BioControl* 56(4): 623-641.
- CASTAÑEDA L.E., M.A LARDIES & F. BOZINOVIC (2005) Adaptive latitudinal shift in the thermal physiology of a terrestrial isopod. *Evolutionary Ecology Research* 6: 579-593.
- CASTRO C.F., L.M. ALMEIDA & S.R.C. PENTEADO (2011) The impact of temperature on biological aspects and life table of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Florida Entomologist* 94: 923-932.
- COMONT R.F., K. ASHBROOK (2017) Evaluating promotional approaches for citizen science biological recording: bumblebees as a group versus *Harmonia axyridis* as a flagship for ladybirds. *BioControl* 62: 309-318.
- DI CASTRI F. & E. HAJEK (1976) *Bioclimatología de Chile*. Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Chile, Santiago.
- DICKINSON J. L., B. ZUCKERBERG & D. N. BONTER (2010) Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 41: 149-172.
- FACON B., A. ESTOUP, R. A. HUFBAUER, J. FOUCAUD & A. TAYEH (2017) Mating status influences cold tolerance and subsequent reproduction in the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: art. 108
- GARDINER M. M., L. L. ALLEE, P. M. BROWN, J. E. LOSEY, H. E. ROY, & R. R. SMYTH (2012) lessons from lady beetles: accuracy of monitoring data from us and uk citizen-science programs. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(9): 471-476.

- GREZ A.A., T. ZAVIEZO, G. GONZÁLEZ & S. ROTHMANN (2010) *Harmonia axyridis* en Chile: una nueva amenaza. *Ciencia e Investigación Agraria* 37: 145-149.
- GREZ A.A., T. ZAVIEZO (2015) Chinita arlequín: *Harmonia axyridis* en Chile.
URL: www.chinita-arlequin.uchile.cl (accedido en Junio, 2017).
- GREZ A.A., T. ZAVIEZO, H.E. ROY, P.M.J. BROWN G. BIZAMA (2016) Rapid spread of *Harmonia axyridis* in Chile and its effects on ladybeetle biodiversity. *Diversity and Distributions* 22: 982-994.
- GREZ A.A., T. ZAVIEZO, H.E. ROY, P.M.J BROWN & B. SEGURA (2017) In the shadow of the condor: Invasive *Harmonia axyridis* found at very high altitude in the Chilean Andes. *Insect Conservation and Diversity* 10: 483-487.
- HUELSMAN M. F., J. KOVACH; J. JASINSKI; C. YOUNG & D. EISLEY (2002) Multicolored Asian lady beetle (*Harmonia axyridis*) as a nuisance pest in households in Ohio. *In Jones*: 243-250.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2017). COMPENDIO ESTADÍSTICO. Santiago de Chile: Dirección Nacional; Departamento de Comunicaciones e Imagen Corporativa; subdepartamento de Publicaciones y Ediciones 2017; 65, 93.
- ISAAC N.J.B. & M.J.O. POCOCK (2015) Bias and information in biological records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115: 522–531.
- KENIS M., T. ADRIAENS, P. M. BROWN, A. KATSANIS, G.SAN MARTIN, E. BRANQUART, D. MAES, R. ESCHEN, R. ZINDEL, J. VAN VLAENDEREN, H. ROY, L. HEAUTIER, R. POLAND & D. BABENDREIER (2017). Assessing the ecological risk posed by a recently established invasive alien predator: *Harmonia axyridis* as a case study. *BioControl* 62(3): 341-354.
- KINDLMANN P., AMEIXA, O. M., & DIXON, A. F. (2011). Ecological effects of invasive alien species on native communities, with particular emphasis on the interactions between aphids and ladybirds. *BioControl* 56(4): 469-476.
- KNAPP M. & O. NEDVĚD (2013) Gender and timing during ontogeny matter: effects of a temporary high temperature on survival, body size and colouration in *Harmonia axyridis*. *PloS one* 8(9): e74984.
- KOBORI H., J. L. DICKINSON, I. WASHITANI, R. SAKURAI, T. AMANO, N. KOMATSU, W. KITAMURA S. TAKAGAWA, K.KOYAMA, T. OGAWARA & A. J. MILLER-RUSHING (2016) Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31(1): 1-19.

- Koch R.L. (2003) The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control and non-target impacts. *Journal of Insect Science* 3: 1-16.
- KOCH R.L., R.C. VENETTE & W.D. HUTCHISON (2006) Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: Implications for South America. *Neotropical Entomology* 35: 421-434.
- KOCH R. L. & T. L. GALVAN (2007) Bad side of a good beetle: The North American experience with *Harmonia axyridis*. In *From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species*. Springer: 23-35.
- LEPCZYK C.A., O.D. BOYLE, T.L. VARGO, P. GOULD, R. JORDAN et al. (2009) Citizen science in ecology: the intersection of research and education. *Bulletin of the Ecological Society of America* 2009: 308-317.
- LOMBAERT E., T. GUILLEMAUD, J. LUNDGREN, R. KOCH, B. FACON, A.A. GREZ et al (2014) Complementarity of statistical treatments to reconstruct worldwide routes of invasion: the case of the Asian ladybird *Harmonia axyridis*. *Molecular Ecology*, 23: 5979–5997.
- MAJERUS M., V. STRAWSON & H. ROY (2006) The potential impacts of the arrival of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), in Britain. *Ecological Entomology* 31: 207-215.
- MICHIE L.J., F. MALLARD, M.E.N. MAJERUS & F.M. JIGGINS (2010) Melanic through nature or nurture: genetic polymorphism and phenotypic plasticity in *Harmonia axyridis*. *Journal of Evolutionary Biology* 23: 1699-1707.
- MICHIE L. J., A. MASSON, R. L. WARE & F. M. JIGGINS (2011) Seasonal phenotypic plasticity: wild ladybirds are darker at cold temperatures. *Evolutionary Ecology* 25(6): 1259-1268.
- OSAWA N. & T. NISHIDA (1992) Seasonal variation in elital colour polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle), the role of non-random mating. *Heredity* 69: 297-307.
- PICKERING G., K. KER & G. SOLEAS (2007) Determination of the critical stages of processing and tolerance limits for *Harmonia axyridis* for “ladybug taint” in wine. *Vitis* 46: 85-90.
- PRICE T.D., A. QVARNSTROM & D.E. IRWIN (2003) The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 1433-

1440.

- POCOCK M.J.O., H.E. ROY, C.D. PRESTON & D.B. ROY (2015) The Biological Records Centre: a pioneer of citizen science. *Biological Journal of the Linnean Society* 115: 475-493.
- POCOCK M. J., H. E. ROY, T. AUGUST, A. KURIA, F. BARASA, J. BETT & B. KISSUI (2018). Developing the global potential of citizen science: Assessing opportunities that benefit people, society and the environment in East Africa. *Journal of Applied Ecology* 56 (2): 274-281.
- POCOCK M. J., M. CHANDLER, R. BONNEY, I. THORNHILL, A. ALBIN, T. AUGUST et al. (2018) A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Advances in Ecological Research* 59: 169-223.
- RAAK-VAN DEN BERG C. L., P. S. VAN WIELINK, P. W. DE JONG, G. GORT, D. HAELEWATERS, J. HELDER & J. C. VAN LENTEREN (2014). Invasive alien species under attack: natural enemies of *Harmonia axyridis* in the Netherlands. *BioControl* 59(2): 229-240.
- ROY, H.E. (2009) The Harlequin Ladybird Survey URL:<<http://www.harlequin-survey.org/>>. (accedido Octubre, 2017).
- ROY H.E., P.M. BROWN, T. ADRIAENS, N. BERKVEN, I. BORGES, CLUSELLA-TRULLAS et al. (2016) The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions* 18: 997-1044.
- SWANSON A., M. KOSMALA, C. LINTOTT & C. PACKER (2016) A generalized approach for producing, quantifying, and validating citizen science data from wildlife images. *Conservation Biology* 30(3): 520-531.
- TRULLAS S. C., J. H. VAN WYK, & J. R. SPOTILA (2007) Thermal melanism in ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 32(5): 235-245.
- VITOUSEK P.M., C.M. DANTONIO, L.L. LOOPE & R. WESTBROOKS (1996) Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 468-478.
- WANG S., J.P. MICHAUD, R. ZHANG, S. LIU & F. ZHANG (2009) Seasonal cycles of assortative mating and reproductive behaviour in polymorphic populations of *Harmonia axyridis* in China. *Ecological Entomology* 34: 483-494.
- ZAVIEZO T., A ONOFRE SOARES & A.A. GREZ (2019) Interspecific exploitative competition between *Harmonia axyridis* and other coccinellids is stronger than intraspecific competition. *Biological Control* 131: 62-68.

Anexo.

- Tabla I. Detalle de la categorización de Hábitat Exterior (Patio- Uso productivo- Vegetación Nativa).

Clasificación	Comentarios Entregados
Áreas verdes urbanas	Árbol - Álamo
	Árbol - Alcornoque
	Árbol - Ciruelo
	Árbol - Durazno
	Árbol - Eucaliptus
	Árbol - Limón
	Árbol - Manzano
	Árbol - Tilo
	Arbusto - Bougainvillea
	Arbusto - Frambuesa
	Arbusto - Huingán
	Arbusto - Lisguetrina
	Arbusto - Mora
	Arbusto - Pelargonio
	Arbusto - Pitosporo
	Arbusto - Romero
	Arbusto - Rosas
	Hoja secas
	Hojarasca
	Huerto - Apio
	Huerto - Espinaca
	Huerto - Rocoto
	Jardinera - Perejil
	Jardinera - Poleo
	Jardinera - Salvia
	Leña seca

	Pasto
	Planta - Ajenjo
	Planta - Arundo
	Planta - Bambú
	Planta - Caléndula
	Planta - Cedrón
	Planta - Chusquea
	Planta - Gomero
	Planta - <i>Hedera helix</i>
	Planta - Lavanda
	Planta - Magnolio
	Planta - Maleza
	Planta - Malva
	Planta - Matico
	Planta - Menta
	Planta - Tritoma rojo
	Tela de araña en un tronco
	Adoquines en una terraza
	Bancas
	Campus Universidad
	Cemento abandonado
	Faroles
	Galpón
	Invernadero
	Juegos plásticos
	Logia
	Piedras
	Piso de cemento
	Piso de ladrillo
	Portón de la casas
	Poste

	Quitasol
	Silla
	Suelo de tierra
	Tarro
	Terraza
	Toldo de tela
Uso productivo	Cultivo Agrícola
	Cultivo de berries
	Cultivo frutillas
	Entre forestales
	Eucaliptus
	Hilera de paltos
	Hojas de calabaza
	Huerto de manzano, alimentándose de pulgón Lanigero
	Huerto de naranjos navel cv. Fukumoto
	Madera de pino
	Monocultivo de pino
	Pino insigne
	Plantación de Ciruelos
	Plantación de Naranja
	Plantación de Nogal
	Predio Agrícola
	Predio Agrícola - Ciruelo
	Predio Agrícola - Durazneros
	Predio Agrícola - Higuera y Parra
	Predio Agrícola - Limón, Níspero
	Predio Agrícola - Manzano
	Predio Agrícola - Parra
	Vid pesquera
Vegetación Nativa	Bosque Esclerófilo, Litre
	Cavidades de <i>Jubaea chilensis</i>

	Cercano a Bosques de <i>Nothofagus glauca</i>
	Ciprés
	Hábitat nativo
	Humedal
	Llaretas en alta montaña
	Maitén
	Molle
	Pradera natural
	Quillay y matorral esclerófilo
	Roble
	Romerillo, <i>Baccharis linearis</i>
	Vegetación azonal de Farellones
	Zona de Quillay y matorral esclerófilo