

Seropositividad a *Chlamydophila psittaci* en cotorras argentinas (*Myiopsitta monachus*) invasoras de la ciudad de Santiago de Chile

Seropositivity to zoonotic *Chlamydophila psittaci* in invasive monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) from Santiago, Chile

Matilde Larraechea^{1,4}, Héctor Hidalgo², Galia Ramírez-Tolosa³, Alejandra Sandoval-Rodríguez^{1,4}, Daniel Ibáñez⁵ y Cristóbal Briceño^{1,3,6}

¹Conserlab, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

²Departamento de Patología Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

³Departamento de Medicina Preventiva Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

⁴Programa de Doctorado en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Campus Sur Universidad de Chile.

⁵Sección Bacteriología, Instituto de Salud Pública de Chile.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses y los financiadores no tuvieron rol alguno en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito; o en la decisión de publicar los resultados.

Investigación financiada por el proyecto FONDECYT de Iniciación N°11160852 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) y por la Beca de Doctorado Nacional/2021 N° folio 21210705 de ANID.

Recibido: 13 de marzo de 2022 (segunda versión: 12 de enero de 2023) / Aceptado: 16 de febrero de 2023

Resumen

Introducción: *Chlamydophila psittaci* es una bacteria zoonótica e intracelular estricta, que provoca la psitacosis humana y su principal hospedero son las aves psitácidas. La cotorra argentina es un ave psitácida nativa de Sudamérica y actualmente considerada una especie invasora en 19 países, incluyendo Chile. **Objetivo:** Determinar positividad contra *C. psittaci* en muestras de suero y torulados de cotorras argentinas de vida libre capturadas en la Región Metropolitana de Chile. **Métodos:** Se analizaron 95 muestras de suero de pichones e individuos adultos de cotorras argentinas, a través de una prueba de ELISA indirecto utilizando un kit comercial. Posteriormente, se analizaron 40 tórulas nasotraqueales y cloacales de individuos adultos a través de una RPC en tiempo real específica para *C. psittaci*. **Resultados:** Se detectaron anticuerpos en muestras de suero de cinco individuos adultos de cotorras argentinas (n = 68), mientras que ninguno de los pichones analizados fue seropositivo (n = 27). Todas las muestras analizadas a través de RPC en tiempo real fueron negativas. **Conclusión:** Estos resultados demuestran por primera vez en Chile la exposición a *C. psittaci* en cotorras argentinas de vida libre, lo cual puede representar un riesgo importante para la transmisión de este patógeno a poblaciones humanas y animales.

Palabras clave: *Chlamydophila psittaci*; especies invasoras; cotorras argentinas; Una Salud; especies sinantrópicas; ambientes urbanos.

Abstract

Background: *Chlamydophila psittaci* is a zoonotic obligate intracellular bacterium that causes the human psittacosis, and its main host are psittacine birds. The monk parakeet is a psittacine bird native to South America, currently being considered an invasive species in 19 countries, including Chile. **Aim:** To determine positivity to *C. psittaci* in serum samples and swabs from free-ranging monk parakeets captured in the Metropolitan Region of Chile. **Methods:** Ninety-five serum samples from nestling chicks and adult monk parakeets were tested using an indirect ELISA test kit. Cloacal and nasotracheal swabs from 40 adult parakeets were further analyzed by *C. psittaci*-specific real-time PCR. **Results:** We found antibody titers in sera of five adult monk parakeets (n = 68) while none of the nestlings were seropositive (n = 27). All samples tested with real-time PCR were negative. **Conclusion:** Our results demonstrate for the first time in Chile the exposure to *C. psittaci* in free-ranging monk parakeets which may represent a significant risk of pathogen transmission to human and animal populations.

Keywords: *Chlamydophila psittaci*; invasive species; monk parakeets; One Health; synanthropic species; urban environments.

Correspondencia a:

Cristóbal Briceño Urzúa
cristobal.briceno@uchile.cl

Introducción

Chlamydomydia psittaci (*C. psittaci*) es una bacteria intracelular estricta que provoca la enfermedad conocida como psitacosis o “fiebre del loro”¹. Uno de sus principales hospederos son las aves psitácidas, pero también puede afectar a otras especies de aves y mamíferos². Un hospedero susceptible se infecta mediante vía aérea u oral, propagando el patógeno al resto de su cuerpo vía sanguínea³. *Chlamydomydia psittaci* infecta inicialmente células epiteliales del tracto respiratorio, principalmente pulmón, para luego infectar células epiteliales y macrófagos de diversos tejidos en todo el cuerpo, como sacos aéreos, pericardio, hígado y bazo, donde *C. psittaci* puede permanecer de manera latente, hasta que su excreción se reactive por estrés^{4,5}. *Chlamydomydia psittaci* es excretada en grandes cantidades en las heces y secreciones respiratorias de aves infectadas, pudiendo producir una enfermedad aguda o crónica, dependiendo de la cepa, la especie hospedera, la edad y la condición del ave infectada². A pesar de esto, muchas aves infectadas pueden permanecer asintomáticas hasta ser expuestas a condiciones de estrés^{2,4}. Los signos clínicos producidos por esta bacteria son inespecíficos, incluyendo letargia, anorexia, secreción ocular y nasal serosa o mucopurulenta, conjuntivitis y diarrea⁴.

Esta enfermedad es considerada una zoonosis, ya que puede ser transmitida desde las aves hacia los humanos, provocando la psitacosis humana². En humanos, esta bacteria puede producir una enfermedad con diferentes escenarios clínicos; desde una enfermedad leve similar a la influenza, hasta un cuadro letal con falla multiorgánica³. La psitacosis raramente es fatal si se recibe el tratamiento apropiado, pero es posible que las infecciones que provoquen enfermedades más leves no sean reconocidas ni informadas a las autoridades de salud pública⁶. Por lo tanto, esta enfermedad puede estar siendo subdiagnosticada^{3,6}. Se han reconocido al menos seis genotipos de esta bacteria, nombrados desde la A a la F. Las aves psitácidas son el hospedero natural del genotipo A, el más común de todos los genotipos y responsable de la mayoría de los casos zoonóticos. El genotipo B es generalmente aislado desde palomas, mientras que los otros genotipos han sido aislados desde diferentes especies de aves y mamíferos⁷.

La cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) es un ave psitácida nativa de Sudamérica que está distribuida mundialmente debido al comercio internacional de mascotas⁸⁻¹⁰. Actualmente, es considerada como una especie invasora en más de 19 países, incluyendo Chile¹¹. Esta especie ha sido identificada como potencial reservorio de agentes infecciosos^{12,13}; algunos de ellos zoonóticos¹⁴, incluyendo a *C. psittaci*¹⁵. En Chile, se ha detectado seropositividad a este patógeno en palomas de vida libre y aves psitácidas en cautiverio, pero no existe información

sobre exposición a *C. psittaci* en cotorras argentinas invasoras de vida libre¹⁶⁻¹⁸. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar positividad a *C. psittaci* en sueros y torulados nasales y/o cloacales de pichones y adultos de cotorra argentina de la ciudad de Santiago de Chile.

Materiales y Métodos

Se recolectaron 95 muestras de suero de pichones e individuos adultos de cotorras argentinas entre los años 2018 y 2019, en la Región Metropolitana de Chile (27 pichones y 68 adultos). Cada pichón fue capturado desde un nido de árboles independientes en la ciudad de Santiago durante la primavera austral de 2018, como parte de un proyecto de investigación¹⁹ (Servicio Agrícola y Ganadero permiso N° 716/2016; Certificado N°192016 del Comité de Bioética Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile). Para este estudio se seleccionaron pichones menores de dos semanas de edad capturados en 11 comunas diferentes (La Reina, Recoleta, Huechuraba, Santiago, Peñalolén, San Miguel, San Bernardo, Las Condes, Vitacura, Maipú y Pirque). La edad de los pichones fue estimada durante la necropsia a partir de una serie de parámetros que indican el estado de desarrollo de esta especie durante sus primeros 40 días de vida, previo al abandono del nido. Dentro de estos parámetros se incluye la apertura de los ojos, emergencia del plumaje, y una serie de medidas como la longitud total del cuerpo y la profundidad del pico²⁰. Las muestras de individuos adultos se obtuvieron a partir de capturas vivas (Servicio Agrícola y Ganadero permiso N°732/2017), siguiendo las medidas de bioética y bioseguridad establecidas por comités institucionales (Certificado N°602015 del Comité de Bioseguridad de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile y Certificado N° 18184 del Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales (CICUA) de la Universidad de Chile). Los individuos adultos se capturaron en siete comunas diferentes (La Reina, Pirque, Macul, La Florida, Providencia, Peñalolén y Vitacura). Las muestras de sangre se obtuvieron a través de punción intracardiaca o directamente desde la herida causada por el postón, esto último en el caso de los individuos adultos. Las muestras de sangre se dejaron coagular y se extrajo el suero con pipeta estéril, el cual se almacenó a -18°C hasta su análisis. La detección de anticuerpos se realizó utilizando una prueba de ELISA indirecto a partir del *kit* comercial Immunocomb® (Biogal, Kibbutz Galed, Israel), siguiendo las instrucciones del fabricante. Este *kit* detecta anticuerpos IgY (IgG) contra *C. psittaci* en una gran variedad de especies de aves, incluyendo psitácidas, con una alta tasa de sensibilidad (95%) y especificidad (85%)²¹. Este es un *kit* semicuantitativo con cuatro categorías de

concentración de anticuerpos en suero: *negativo, levemente positivo, positivo y altamente positivo*. Además, los controles positivos y negativos vienen incluidos para cada prueba en el *kit* Immunocomb®. Este *kit* ha sido utilizado en varios estudios para la detección serológica de *C. psittaci* en diversas especies de aves^{17,22-24}. Posteriormente, y para contribuir a la detección molecular de *C. psittaci*, se obtuvieron tómulas cloacales y nasotraqueales de 40 de los 68 adultos analizados para el estudio serológico. Ambas tómulas se almacenaron a -80 °C en el medio de cultivo MEM (Minimum Essential Medium) y en caldo de soya triptico o Tryptic Soy Broth, respectivamente, hasta ser analizadas. El ADN genómico fue extraído desde las tómulas (n = 80) usando los *kits* comerciales NucleoSpin® stool DNA y NucleoSpin® tissue DNA (Macherey-Nagel Ltd., Düren, Germany) siguiendo las instrucciones del fabricante. Para la detección molecular de *C. psittaci* se realizó la amplificación de una región específica del gen *InaA* (Inclusion membrane protein A) y del gen *ompA* (Outer membrane protein A) que permiten discriminar de otras especies de *Chlamydophila* spp.^{25,26}. La amplificación de cada marcador genético se realizó mediante reacción de polimerasa en cadena (RPC) en tiempo real en un volumen final de 25 µl, que contiene 1X TaqMan® Fast Universal PCR Master Mix, 30 pmoles de cada partidador (forward y reverse), 10 pmoles de la sonda específica y 5 µl de ADN genómico (aproximadamente 100-200 ng DNA). La amplificación de gen *InaA* se realiza con los partidores: Chpsi-F: 5'-GCCATCATGCTTGTTCGTTT-3'; Chpsi-R: 5'-CGGCGTGCCACTTGAGA-3' y Chpsi-Pr: (6-FAM)5'-TCATTGTCAATTATGGTGATTCAGGA-3'(BHQ-1). Para el gen *ompA* se usan los partidores ompA-F: 5'-CACTATGTGGGAAGGTGCTTCA-3'; ompA-R: 5'-CTGCGCGGATGCTAATGG-3' y la sonda omp-A-Pr: (HEX)5'-CGCTACTTGGTGTGAC-3'(BHQ-1). Además, a cada muestra se adicionó 1 ng/µl de ADN exógeno PhHV como control de amplificación. Se utilizó la cepa comercial 6BC (ATCC, VR-125™, California, USA) de *C. psittaci* como control de la reacción. Para ambos genes blanco se diseñaron sondas específicas que permiten detectar *C. psittaci* con una alta especificidad (~100%)^{25,26}.

Resultados

Las muestras de suero provenientes de cinco individuos adultos de cotorra argentina (7,4%) revelaron títulos de anticuerpos contra *C. psittaci*. Estos individuos provenían de las comunas de La Reina, Providencia y Peñalolén. Todas las muestras seropositivas mostraron una reacción en categoría "positiva", según la escala colorimétrica incluida en el *kit*, indicando niveles moderados de anticuerpos. La detección de anticuerpos fue negativa para todas las

muestras de pichones analizadas. Adicionalmente, todas las muestras analizadas a través de RPC en tiempo real fueron negativas para ambos genes amplificados.

Discusión

Este estudio demuestra la exposición de cotorras argentinas de vida libre en Santiago de Chile a *C. psittaci*, ya que un individuo seropositivo indica un contacto con este patógeno. La tasa de positividad (7,4%) de *C. psittaci* encontrada concuerda con las tasas de detección reportadas por otros autores en diversas especies de aves, las cuales son altamente variables con rangos desde 1% hasta 95,6%^{27,28}. En el centro y sur de Chile, se reportaron seroprevalencias a esta bacteria de 11 y 14% en palomas de vida libre (*Columba livia*) en las ciudades de Santiago y Chillán, respectivamente^{16,18}. También se han detectado anticuerpos contra *C. psittaci* en aves psitácidas en Chile, con una seroprevalencia de 10% en la Región de Biobío¹⁷, la cual es mayor a la reportada en este estudio. Sin embargo, este último estudio se realizó con psitácidos en cautiverio, en los cuales se reportan mayores prevalencias en comparación con aves de vida libre, debido a que las condiciones de confinamiento pueden favorecer la infección de este patógeno⁴. En aves, las madres son capaces de transferir inmunoglobulinas a sus crías a través de la yema del huevo²⁹. Estos anticuerpos maternos protegen a las crías contra patógenos que las madres pueden adquirir del ambiente^{30,31}. Se ha reportado la transferencia de anticuerpos maternos contra *C. psittaci* desde madres infectadas a sus pichones, con anticuerpos que duran aproximadamente tres semanas, momento en el cual empiezan a declinar hasta desaparecer completamente a las cuatro semanas de edad³². Sin embargo, no detectamos anticuerpos en los pichones analizados, con menos de dos semanas de edad, período en el cual los anticuerpos maternos podrían haber sido detectados.

A pesar de que identificamos anticuerpos específicos contra *C. psittaci* en individuos adultos de cotorras argentinas, no logramos detectar ADN de este patógeno a través de métodos moleculares. Las muestras a partir de tómulas cloacales, nasales y traqueales han sido comúnmente utilizadas para realizar detección molecular de *C. psittaci*, ya que esta bacteria es excretada en grandes cantidades en heces y secreciones respiratorias³. Sin embargo, la excreción de *C. psittaci* es intermitente en aves asintomáticas². Por lo tanto, si las aves seropositivas son portadoras asintomáticas, el ADN de *C. psittaci* puede no ser detectado en tómulas cloacales o nasotraqueales, ya que las aves podrían no estar excretando la bacteria en el momento de la toma de muestra. Por esto, en el futuro, se deben analizar otras muestras, tales como pulmón o hígado, para realizar detección y caracterización molecu-

lar de *C. psittaci* en aves potencialmente asintomáticas. La caracterización molecular de esta bacteria permitiría identificar el genotipo presente en estas aves con el objetivo de determinar el origen, especies reservorio y las dinámicas de esta enfermedad en las cotorras dentro de su rango invasor⁷.

La prueba serológica utilizada en el estudio tiene una alta sensibilidad (95%), lo que implica una alta capacidad de detectar individuos positivos cuando existen prevalencias bajas; no obstante, esta prueba tiene niveles más bajos de especificidad (85%)²¹. Por lo tanto, es relevante mencionar que esta es una limitación importante del estudio, lo cual puede estar asociado con la potencial obtención de falsos positivos. Por esto, la seropositividad observada en los individuos analizados podría ser menor al 7,4% observado³³. Sin embargo, desde la perspectiva del potencial impacto en la salud pública, es preferible la obtención de estos resultados a la obtención de falsos negativos, lo que podría provocar no detectar individuos positivos, implicando un riesgo para la población expuesta. Así, la utilización de una prueba con alta sensibilidad permite alertar sobre la presencia de esta enfermedad para tomar las medidas de prevención necesarias. A pesar de esto, sería adecuado complementar estos resultados con otra prueba serológica con altos niveles de especificidad y así confirmar de manera más certera el valor de seropositividad obtenido en el estudio³³. Tanto en Chile como en otros países, se han reportado interacciones entre cotorras argentinas y otras especies de aves, siendo algunas de ellas contacto directo entre aves¹⁹. Recientemente se reportó la ocupación de nidos de cotorras argentinas por otras especies de aves de Santiago, la mayoría de ellas nativas en nuestro país¹⁹. Por esto y debido a que *C. psittaci* ha sido aislada en más de 465 especies de aves, las cotorras argentinas podrían tener un rol en la transmisión de esta bacteria hacia otras especies de aves con las que comparten hábitat³. Esto es especialmente preocupante para las especies nativas cuyas poblaciones pueden verse afectadas por la introducción de enfermedades infecciosas como *C. psittaci*³³. Por otra parte, una de las especies de aves que interactúa y ocupa nidos de cotorras argentinas es la paloma, uno de los reservorios más comunes de *C. psittaci* a nivel global^{4,19}. Dado que en Chile se ha detectado seropositividad contra esta bacteria en palomas, la interacción entre ambas especies podría estar favoreciendo la circulación de *C. psittaci* en ciudades donde estas aves están presentes, incluyendo Santiago^{16,18}. Es importante destacar que un ave seropositiva puede ser un potencial portador de psitacosis, la cual es una de las principales enfermedades zoonóticas de las aves³⁴.

Estos resultados tienen importancia en salud pública, ya que las cotorras argentinas están ampliamente distribuidas en áreas urbanas de la Región Metropolitana de Chile, y se encuentran generalmente en plazas y parques

públicos. Por lo tanto, siendo una especie voladora y considerada una ingeniera ecosistémica, no debemos pasar por alto su influencia dentro de las ciudades¹⁹. Los ingenieros ecosistémicos son organismos que modifican directa o indirectamente la disponibilidad de recursos para otras especies, provocando cambios en recursos bióticos o abióticos³⁵. Adicionalmente, las especie invasoras que son capaces de modificar el ecosistema a través de la creación de recursos físicos y, por lo tanto, aumentar la complejidad del hábitat, son aquellas que tienen el mayor impacto³⁶. La población de cotorras argentinas en las ciudades, generalmente presenta una distribución heterogénea, dado que su densidad depende de las características del área invadida, como la densidad de árboles para construir sus nidos y disponibilidad de alimento³⁷. En Santiago se observa este patrón de distribución, existiendo áreas con una alta densidad de cotorras argentinas y otras con una densidad menor. En las comunas situadas en el sector Oriente de la ciudad se observa la mayor densidad de cotorras argentinas, que coincide ser el sector en el cual se observaron las primeras colonias de esta especie en el país^{8,11}. Por esto, no es adecuado extrapolar la seroprevalencia obtenida a partir de la muestra analizada en este estudio a la población total de cotorras argentinas de Santiago. No obstante, estos resultados demuestran exposición a *C. psittaci* en las comunas de las cuales se obtuvieron los individuos seropositivos (Providencia, Peñalolén y La Reina). Curiosamente, la presencia de anticuerpos se observó en los individuos capturados en comunas con alta densidad de cotorras, habiendo analizado individuos adultos capturados en siete comunas provenientes de distintos sectores de la ciudad. Dado que este patógeno es denso dependiente, exhibiendo mayores seroprevalencias cuando existe una mayor densidad de individuos, es posible que en las zonas más pobladas con esta especie exista una mayor seroprevalencia y, por lo tanto, mayor probabilidad de transmisión³⁸. El contacto con aves se describe como el principal factor de riesgo para esta enfermedad zoonótica, pero la infección en humanos puede resultar también a partir de exposición ambiental indirecta, como el contacto con heces o secreciones respiratorias de aves infectadas³. Esta exposición es posible en parques públicos o áreas que se encuentren cerca de nidos de cotorras argentinas, los cuales están ampliamente distribuidos en la ciudad. Las cotorras argentinas también son populares como mascotas, por lo que es posible que estas aves de vida libre puedan permanecer en cercanía de las personas. Además, administradores de parques han reportado que, durante la temporada reproductiva de las cotorras, cuando los nidos caen de los árboles, las personas encuentran pichones caídos y se los llevan a sus hogares para cuidarlos (C Briceño: Conversación Personal, 2018). Esta situación puede representar un riesgo importante para la transmisión de este patógeno a poblaciones hu-

manas¹⁵. Dentro de los efectos que generan las invasiones biológicas se encuentra su impacto en la salud humana, favoreciendo la propagación de zoonosis^{39,40}. En humanos, *C. psittaci* se presenta generalmente como una enfermedad inespecífica de tipo gripal o “neumonía adquirida en la comunidad”(NAC)⁴¹. Sin embargo, en estos casos rara vez se realizan las pruebas diagnósticas para *C. psittaci*. Esto implica que los pacientes con neumonía por *C. psittaci* no reciban el tratamiento adecuado, lo que conlleva neumonías que no remiten o se complican⁶. Por esto, y dado que se han descrito casos de transmisión de *C. psittaci* de cotorras argentinas a humanos¹⁵, es relevante destacar el rol de las cotorras argentinas de Santiago como potencial fuente de transmisión de este patógeno zoonótico hacia las personas, especialmente aquellas que se encuentran cercanas a estas aves y/o sus nidos, como funcionarios municipales, manejadores de áreas verdes urbanas o visitantes de parques públicos con presencia de estas aves¹¹. La psitacosis se incluye dentro de los programas de vigilancia de enfermedades transmisibles a nivel nacional, tanto para personas como para animales. Según el Decreto Supremo N° 158 del 2004 del Ministerio de Salud, la psitacosis humana en Chile es una enfermedad de notificación universal, obligatoria y diaria. La notificación debe realizarse por el médico tratante frente a cada caso confirmado el mismo día de la confirmación y debe ser enviada al SEREMI de Salud correspondiente⁴². Por otra parte, según el Decreto Exento N° 389 de 2014 del Ministerio de Agricultura, la clamidiosis aviar es una enfermedad de denuncia obligatoria al SAG⁴³. De acuerdo con las bases de datos públicas del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud, desde el 2019 al 2021, se notificaron 35 casos de psitacosis humana en Chile, de los cuales 34 fueron notificados el 2021 y tres de ellos ocurrieron en la Región Metropolitana⁴⁴. Por esto, es fundamental alertar sobre los factores de riesgo

de esta enfermedad y fortalecer la vigilancia y detección temprana de casos, no sólo en personas, sino que también en posibles reservorios, como las aves de vida libre presentes en nuestro país y que pueden estar en contacto con las personas.

Los resultados de este estudio demuestran, por primera vez en Chile, la exposición a *C. psittaci* en cotorras argentinas de vida libre. A pesar de haber encontrado 7,4% de seropositividad en individuos adultos, no detectamos el ADN de la bacteria en las muestras analizadas, lo que representa una baja magnitud en cuanto al alcance del hallazgo. Sin embargo, debido a que estas aves introducidas comparten hábitat e interactúan con humanos y otras especies, es posible la transmisión de enfermedades infecciosas como *C. psittaci*, lo que podría significar un riesgo, tanto sanitario como ecológico. Por lo tanto, estimamos necesario caracterizar los genotipos presentes de *C. psittaci* en las comunidades de aves sinantrópicas que pueden afectar los entornos poblados por humanos, con el fin de evaluar los riesgos asociados a este patógeno zoonótico.

Agradecimientos. Los autores desean expresar sus agradecimientos al profesor Juan Lazo, Karina Yévenes, Fernando Navarrete y al Laboratorio de Patología Aviar por su colaboración en el proceso de toma de muestras y los análisis serológicos. Agradecemos a María de los Ángeles Barrios, Constanza Guzmán, Catalina Chappuzeau, Angello Morgado, Víctor Muñoz, Florencia Olivares y Pablo Dufflocq por el apoyo en el proceso de muestreo. Finalmente, los autores expresan su gratitud hacia las municipalidades de La Reina, Peñalolén, Las Condes, Providencia, Vitacura, Pirque, San Miguel, La Florida, Recoleta, Santiago, San Bernardo, Maipú, Huechuraba y Macul por su apoyo logístico y colaboración durante el proceso de muestreo.

Referencias bibliográficas

- Martínez M A, Diomedea A, Kogan R, Borie C. Taxonomía e importancia clínica de las nuevas familias del orden Chlamydiales. Rev Chilena Infectol 2001; 18(3), 203-11. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182001000300007>.
- Stokes H S, Berg M L, Bennett A T. 2021. A review of chlamydial infections in wild birds. Pathogens 2021; 10(8), 948. doi: <https://doi.org/10.3390/pathogens10080948>.
- Balsamo G, Maxted A, Midla J, Murphy J, Wohrle R, Edling T, et al. Compendium of measures to control *Chlamydia psittaci* infection among humans (Psittacosis) and pet birds (Avian Chlamydiosis). J. Avian Med. Surg 2017; 31, 262-82. doi: <https://doi.org/10.1647/217-265>
- Vanrompay D, Ducatelle R, Haesebrouck F. *Chlamydia psittaci* infections: A review with emphasis on avian chlamydiosis. Vet. Microbiol 1995a; 45: 93-119. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(95\)00033-7](https://doi.org/10.1016/0378-1135(95)00033-7).
- Vanrompay D, Mast J, Ducatelle R, Haesebrouck F, Goddeeris B. *Chlamydia psittaci* in turkeys: pathogenesis of infections in avian serovars A, B and D. Vet Microbiol 1995b; 47(3-4): 245-56. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(95\)00125-5](https://doi.org/10.1016/0378-1135(95)00125-5).
- Hogerwerf L, De Gier B, Baan B, Van Der Hoek W. *Chlamydia psittaci* (psittacosis) as a cause of community-acquired pneumonia: a systematic review and meta-analysis. Epidemiol Infect 2017; 145(15): 3096-3105. doi: <https://doi.org/10.1017/S0950268817002060>.
- Andersen A. Serotyping of US isolates of *Chlamydia psittaci* from domestic and wild birds. J. Vet. Diagn 2005; 17: 479-82. doi: <https://doi.org/10.1177/104063870501700514>.
- Iriarte J. Invasive vertebrate species in Chile and their control and monitoring by governmental agencies. Rev. Chil. Hist. Nat 2005; 78: 143-54. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2005000100010>.
- Russello M A, Avery M L, Wright T F. Genetic evidence links invasive monk parakeet populations in the United States to the international pet trade. BMC Evol Biol 2008; 8(1): 1-11. doi:10.1186/1471-2148-8-217.
- Souvireu-Priego L, Muñoz A R, Olivero J, Vargas J M, Fa J E. The legal international wildlife trade favours invasive species establishment: the monk and ring-necked

- parakeets in Spain. *Ardeola*, 2018; 65(2): 233-46. doi: <https://doi.org/10.13157/arla.65.2.2018.ra3>.
- 11.- Briceño C, Larraechea M, Alvarado S. Monk Parakeet's (*Myiopsitta monachus*) ecological parameters after five decades of invasion in Santiago Metropolis, Chile. *Birds* 2022; 3(4): 341-58. doi: <https://doi.org/10.3390/birds3040023>.
- 12.- Briceño C, Surot D, González-Acuña D, Martínez F J, Fredes F. Parasitic survey on introduced monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) in Santiago, Chile. *Rev. Bras. de Parasitol. Vet* 2017; 26: 129-35. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612017023>.
- 13.- Sandoval-Rodríguez A, Marcone D, Alegría-Morán R, Larraechea M, Yévenes K, Fredes F, et al. *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. in free-ranging introduced monk parakeets from Santiago, Chile. *Animals* 2021; 11(3): 801. doi: <https://doi.org/10.3390/ani11030801>.
- 14.- Briceño C, Yévenes K, Larraechea M, Sandoval-Rodríguez A, Silva-de la Fuente M C, Fredes F, et al. First record of *Ornithonyssus bursa* (Berlese, 1888) (Mesostigmata: Macronyssidae) parasitizing invasive monk parakeets in Santiago, Chile. *Rev. Bras. de Parasitol. Vet* 2021; 30. doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021023>.
- 15.- Raso T, Ferreira V, Timm L, Tostes M. Psittacosis domiciliary outbreak associated with monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) in Brazil: need for surveillance and control. *JMM Case Reports* 2014; 1: 1-4. doi: <https://doi.org/10.1099/jmmcr.0.003343>.
- 16.- Borie C, Martínez M, Toro H. *Chlamydomphila psittaci*: Detección de anticuerpos en palomas de vida libre (*Columba livia domestica*) en la ciudad de Santiago, Chile. *Acta Bioquim. Clin. Latinoam* 2001; 35: 471-4. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-305646>.
- 17.- Pinto K, Villalobos F, Fischer C, Barrientos C, González-Acuña D, Troncoso I. Detección serológica de *Chlamydomphila psittaci* en psitácidos en cautiverio de la Región del Biobío, Chile. *Rev. Investig. Vet. Perú* 2018; 29: 950-6. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14838>.
- 18.- González-Acuña D, Silva F, Moreno L, Cerda F, Donoso S, Cabello J, López J. Detección de algunos agentes zoonóticos en la paloma doméstica (*Columba livia*) en la ciudad de Chillán, Chile. *Rev Chilena Infectol* 2007; 24: 199-203. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182007000300004>.
- 19.- Briceño C, Sandoval-Rodríguez A, Yévenes K, Larraechea M, Morgado A, Chappuzeau C, et al. Interactions between invasive monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) and other bird species during nesting seasons in Santiago, Chile. *Animals* 2019; 9: 923. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9110923>.
- 20.- Aramburú R M. Descripción y desarrollo del pichón de la cotorra *Myiopsitta monachus* (Aves: Psittacidae) en una población silvestre de Argentina. *Rev Chil Hist Nat*, 1997; 70: 53-8. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1997/1/Aramburu_1997.pdf.
- 21.- Bendheim U, Naveh A, Keren E. Antibody testing for *Chlamydia psittaci* using a rapid ELISA-Kit. International Virtual Conference in Veterinary Medicine: Diseases of Psittacine Birds, 1998; 1-4. <https://www.biogal.com/wp-content/uploads/2019/05/Avian-Chlamydia-psittaci-Copy.pdf>.
- 22.- Herrera I, Khan M S, Kaleta E F, Müller H, Dolz G, Neumann U. Serological status for *Chlamydomphila psittaci*, Newcastle disease virus, avian polyoma virus, and Pacheco disease virus in scarlet macaws (*Ara macao*) kept in captivity in Costa Rica. *J Vet Med, Series B*, 2001; 48(10): 721-6. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0450.2001.00485.x>.
- 23.- Perelman B, Mechani S, Perl S, Lublin A. The role of *Chlamydia psittaci* in outbreaks of blepharoconjunctivitis in chickens and ostriches: clinical and laboratory findings. *Isr. J Vet Med* 2013; 68(3): 167-74. <http://www.ijvm.org.il/sites/default/files/perelman.pdf>.
- 24.- Carlos N, Luyo E P. Seroprevalence of *Chlamydia psittaci* in captive macaws (*Ara* spp.) in the department of Lima, Peru. *Ciência Animal Brasileira*, 2018; 19. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-44704>.
- 25.- Vogler B R, Trinkler M, Marti H, Borel N, Pesch T, Prähauser B, et al. Survey on *Chlamydiaceae* in cloacal swabs from Swiss turkeys demonstrates absence of *Chlamydia psittaci* and low occurrence of *Chlamydia gallinacean*. *PLoS One* 2019; 14: e0226091. doi: [10.1371/journal.pone.0226091](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226091).
- 26.- Ménard A, Clerc M, Subtil A, Mégraud F, Bébérac C, De Barbeyrac B. Development of a real-time PCR for the detection of *Chlamydia psittaci*. *J. Med. Microbiol.* 2006; 55: 471-3. doi: <https://doi.org/10.1099/jmm.0.46335-0>.
- 27.- Blomkvist M, Christerson L, Waldenström J, Lindberg P, Helander B, Gunnarsson G, et al. *Chlamydia psittaci* in birds of prey, Sweden. *Infect. Ecol. Epidemiol* 2012; 2: 8435. doi: <https://doi.org/10.3402/iee.v2i0.8435>.
- 28.- Prukner-Radović E, Horvatek D, Gottstein Ž, Grozdanić I C, Mazija H. Epidemiological investigation of *Chlamydomphila psittaci* in pigeons and free-living birds in Croatia. *Vet. Res. Commun* 2005; 29: 17-21. doi: <https://doi.org/10.1007/s11259-005-0083-4>.
- 29.- Grindstaff J L, Brodie Iii E D, Ketterson E D. Immune function across generations: integrating mechanism and evolutionary process in maternal antibody transmission. *Proc R Soc Lond B: Biological Sciences*, 2003; 270(1531): 2309-19. doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2485>.
- 30.- Gasparini J, McCoy K D, Haussy C, Tveraa T, Boulonier T. Induced maternal response to the Lyme disease spirochaete *Borrelia burgdorferi sensu lato* in a colonial seabird, the kittiwake *Rissa tridactyla*. *Proc R Soc London. B: Biological Sciences*, 2001; 268(1467): 647-50. doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1411>.
- 31.- Pihlaja M, Siitari H, Alatalo R V. Maternal antibodies in a wild altricial bird: effects on offspring immunity, growth and survival. *cambiar a J Anim Ecol* 2006. 75(5), 1154-1164. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01136.x>.
- 32.- Van Loock M, Geens T, De Smit L, Nauwynck H, Van Empel P, Naylor C, et al. Key role of *Chlamydomphila psittaci* on Belgian turkey farms in association with other respiratory pathogens. *Vet. Microbiol.* 2005; 107, 91-101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.01.009>.
- 33.- Dunn A, Hatcher M. Parasites and biological invasions: Parallels, interactions, and control. *Trends Parasitol.* 2015; 31: 189-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2014.12.003>.
- 34.- Ramsay E. The psittacosis outbreak of 1929-1930. *J. Avian Med. Surg* 2003; 17: 235-7. doi: [10.1647/1082-6742\(2003\)017\[0235:TPOO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1647/1082-6742(2003)017[0235:TPOO]2.0.CO;2).
- 35.- Jones C G., Lawton J H, Shachak M. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 1994; 69: 373-86. doi: <https://doi.org/10.2307/3545850>.
- 36.- Crooks J A. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: The role of ecosystem engineers. *Oikos* 2002; 97: 153-66. doi <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970201.x>.
- 37.- Rodríguez-Pastor R, Senar J C, Ortega A, Faus J, Uribe F, Montalvo T. Distribution patterns of invasive Monk parakeets (*Myiopsitta monachus*) in an urban habitat. *Animal Biodiversity Conservation*, 2012; 35(1): 107-17. doi: <https://raco.cat/index.php/ABC/article/view/255566>.
- 38.- Santos F, Leal D C, Raso T D F, Souza B M P S, Cunha R M, Martínez, et al. Risk factors associated with *Chlamydia psittaci* infection in psittacine birds. *J Med Microbiol* 2014; 63(3): 458-63. doi: <https://doi.org/10.1099/jmm.0.060632-0>.
- 39.- Jaksic F, Castro S. Impactos en la salud humana, economía y biodiversidad. In: *Invasiones Biológicas en Chile: Causas globales e impactos locales*. Ediciones UC. Santiago, Chile. 2014: 125-47. <https://ebooks.ediciones.uc.cl/library/publication/invasiones-biologicas-en-chile-causas-globales-e-impactos-locales-1668796649>.
- 40.- Mori E, Meini S, Strubbe D, Ancillotto L, Sposimo P, Menchetti M. Do alien free-ranging birds affect human health? A global summary of

- known zoonoses. Invasive Species and Human Health, 1st ed.; Mazza, G., Tricaricio, E., Eds, 2018. 120-129. <https://www.cabdigitalibrary.org/doi/abs/10.1079/9781786390981.0120>.
- 41.- Beeckman D, Vanrompay D. Zoonotic *Chlamydophila psittaci* infections from a clinical perspective. Clin Microbiol Infect 2009; 15: 11-17 doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2008.02669.x>.
- 42.- Decreto Supremo N°158 de 2004 [Ministerio de Salud]. Aprueba reglamento sobre notificación de enfermedades transmisibles de declaración obligatoria. Publicado en Diario Oficial de 10-05-05. <https://vlex.cl/vid/enfermedades-transmisibles-obligatoria-241742374>.
- 43.- Decreto Exento N°389 de 2014 [Ministerio de Agricultura]. Establece enfermedades de declaración obligatoria para la aplicación de medidas sanitarias y deroga decretos que indica. Publicado el 21-11-2014. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1070774&idVersion=2019-07-02&idParte=>.
- 44.- Departamento de Epidemiología, Ministerio de Salud (31 de diciembre de 2021). Psitacosis, Bases de datos. [en línea]: <http://epi.minsal.cl/psitacosis-bases-de-datos/> (recuperado el 04-01-2023).