

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Evaluación del daño en nuez pecán causado por fauna silvestre (ardilla de vientre rojo y cotorra) en el noreste de Buenos Aires, Argentina

Pedreira, Paula Anabel^{1,2, @}, Mauer, Macarena Anahí³, Lorenzi, Julián Ezequiel^{1,2}, Penon, Eduardo Augusto³, Darget, Agustina^{1,2}, Borgnia, Mariela^{1,2}, Benítez, Verónica^{1,2} y Gozzi, Cecilia A.^{1,2}

1 Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Básicas, Buenos Aires, Argentina.

2 Grupo Ecología de Mamíferos Introducidos, Instituto de Ecología y desarrollo sustentable (INEDES), UNLu-CONICET, Buenos Aires, Argentina.

3 Universidad Nacional de Luján, Departamento de Tecnología, Buenos Aires, Argentina.

@ anabelpedreira@gmail.com

Recibido: 30/12/2025

Aceptado: 27/05/2026

Resumen. En las últimas décadas, diversas especies de vertebrados silvestres han incrementado su presencia en agroecosistemas, aprovechando recursos alimenticios y generando impactos negativos sobre la producción agrícola en Argentina. Aves y mamíferos muestran una elevada capacidad de adaptación a nuevos ambientes, con consecuencias productivas. Este estudio evaluó el daño ocasionado por la ardilla de vientre rojo y la cotorra en tres plantaciones de nuez pecán en Mercedes y una en Lobos (Buenos Aires) durante el otoño-invierno de 2023, considerando dos etapas fenológicas del cultivo: llenado del fruto y cosecha. La riqueza y abundancia de las ardillas de vientre rojo y cotorras se registraron mediante trapeo y conteos directos, identificándose a ambas especies como únicas responsables del daño. El tipo de daño se caracterizó a partir de rasgos morfológicos del consumo y se cuantificó mediante el porcentaje de frutos dañados, complementado con la estimación de biomasa perdida en kilogramos de nueces por planta. Los resultados indicaron que ambas especies generan pérdidas relevantes en la producción. Las ardillas consumieron principalmente la semilla durante la cosecha, con un porcentaje promedio de daño del 18,7 % (DS= 15,8), sin diferencias significativas en la magnitud del daño entre los lotes en los cuales se registraron daños por esta especie (Kruskal-Wallis $H = 0,22$; $p > 0,05$). En contraste, las cotorras afectaron principalmente el llenado del fruto, dañando el rúezno y provocando caída prematura, con un 14,45 % (DS= 16,93) de daño, significativamente menor en Lobos (0,35 %; DS= 0,56; $H = 15,74$; $p < 0,05$). Las diferencias en la magnitud y el momento del daño evidencian estrategias de alimentación contrastantes entre ambas especies. Asimismo, la disponibilidad de frutos por planta se correlacionó positivamente con el daño registrado (Spearman: $R_{ardillas} = 0,85$; $p < 0,001$; $R_{cotorras} = 0,52$; $p < 0,05$). Estos resultados resaltan la necesidad de implementar medidas de manejo específicas y ajustadas temporalmente, considerando la fenología del cultivo y la actividad de cada especie.

Palabras clave: *Callosciurus* sp. cf. *C. erythraeus*-*C. finlaysonii*; *Myiopsitta monachus*; *Carya illinoensis*; daño en frutos.

Abstract. Evaluation of pecan nut damage caused by wildlife (red-bellied squirrel and monk parakeet) in northeastern Buenos Aires, Argentina.

In recent decades, several wild vertebrate species have increased their presence in agroecosystems, exploiting food resources and generating negative impacts on agricultural production in Argentina. Birds and mammals exhibit a high capacity to adapt to novel environments, often resulting in significant production losses. This study evaluated the damage caused by the red-bellied squirrel and the monk parakeet in three pecan orchards located in Mercedes and one in Lobos (Buenos Aires Province, Argentina) during the autumn-winter season of 2023, considering two phenological stages of the crop: fruit filling stage and harvest. The occurrence and abundance of red-bellied squirrels and monk parakeets were assessed through trapping and direct counts, identifying both species as the sole agents responsible for the observed damage. Damage type was characterized based on morphological traits of fruit consumption and quantified as the percentage of damaged fruits, complemented by estimates of biomass loss expressed as kilograms of nuts per tree. Results showed that both species caused substantial production losses. Red-bellied squirrels primarily consumed the kernel during the harvest stage, causing an average damage of 18.7 % (SD= 15.8), with no significant differences in damage magnitude among orchards where squirrel damage was recorded (Kruskal-Wallis $H = 0.22$, $p > 0.05$). In contrast, monk parakeets mainly affected fruits during the filling stage by damaging the husk and inducing premature fruit drop, resulting in an average damage of 14.45 % (SD= 16.93), which was significantly lower in Lobos (0.35 %, SD= 0.56; $H = 15.74$, $p < 0.05$). Differences in both the magnitude and timing of damage revealed contrasting feeding strategies between the two species. Furthermore, fruit availability per tree was positively correlated with the level of damage recorded (Spearman: $R_{squirrels} = 0.85$; $p < 0.001$; $R_{parakeets} = 0.52$; $p < 0.05$). These results highlight the need to implement species-specific and temporally adjusted management measures, considering crop phenology and the activity patterns of each species.

Cómo citar este trabajo:

Pedreira, P. A., Mauer, M. A., Lorenzi, J. E., Penon, E. A., Darget, A., Borgnia, M., Benítez, V. y Gozzi, C. A. (2026). Evaluación del daño en nuez pecán causado por fauna silvestre (ardilla de vientre rojo y cotorra) en el noreste de Buenos Aires, Argentina. *Semiárida*, 36(2), 31-47.

Key words: *Callosciurus* sp. cf. *C. erythraeus*-*C. finlaysonii*; *Myiopsitta monachus*; *Carya illinoensis*; fruit damage.

INTRODUCCIÓN

Numerosas especies de vertebrados silvestres, tanto nativos como exóticos, son considerados perjudiciales y/o plagas en diferentes regiones del mundo debido a los daños que ocasionan a la producción agrícola, y a las pérdidas económicas que generan (Cassini, 2022; Torres et al., 2018). En Argentina, especies de aves exóticas como el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) y el cuervo americano (*Corvus brachyrhynchos*) (Linz et al., 2007, 2011) y aves nativas como la torcaza común (*Zenaida auriculata*) y la paloma picazuro (*Patagioenas picazuro*), generan daños a los cultivos (Bucher, 1992; Tracey et al., 2007). Dentro de los mamíferos considerados perjudiciales para los cultivos se encuentran especies exóticas como el jabalí (*Sus scrofa*), el conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) la rata negra (*Rattus rattus*), la rata parda (*Rattus norvegicus*) y el ratón doméstico (*Mus musculus*) (Barrios-García y Ballari, 2012; Duboscq-Carra et al., 2021; Lowe et al., 2004; Meerburg et al., 2009; Shepherd y Ditgen 2012). Existen también, especies de mamíferos nativos que pueden ocasionar perjuicios a la actividad agrícola en determinadas circunstancias, como la vizcacha (*Lagostomus maximus*) (Navarro et al., 1997; Rendel, 1990). En general, la capacidad que poseen ciertas especies silvestres para aprovechar los recursos alimenticios asociados a los sistemas productivos y persistir en ambientes modificados, potencian su interacción con cultivos de interés económico local, lo que favorece en muchos casos, el establecimiento de poblaciones estables en el área (Bucher y Aramburú, 2014; SNIEEI, 2023).

En Argentina, algunas especies exóticas introducidas han logrado establecerse y dispersarse, donde producen alteraciones significativas tanto en ecosistemas naturales como en sistemas productivos (Jaksic et al., 2002; Novillo y Ojeda, 2008; Ojeda, 2016). Entre los casos más relevantes se encuentran el ciervo colorado (*Cervus elaphus*), reconocido por su impacto sobre plantaciones forestales y la regeneración de bosques; la liebre europea (*Lepus europaeus*), que ocasiona daños en cultivos extensivos; y la paloma doméstica (*Columba livia*), responsable de pérdidas en producciones granarias y frutícolas, además de problemas sanitarios (Chébez y Rodríguez, 2014; Jaksic et al., 2002; Novillo y Ojeda, 2008).

Dentro de las especies exóticas que han logrado establecerse exitosamente en Argentina, la ardilla de vientre rojo (*Callosciurus* sp. cf. *C. erythraeus*– *C. finlaysonii*; Pallas, 1779) es considerada una especie invasora perjudicial debido a su elevada capacidad de dispersión, su plasticidad para ocupar tanto ambientes naturales como modificados y los daños que ocasiona sobre la infraestructura, los servicios y los sistemas productivos locales (Lizarralde, 2016). Originaria del sudeste asiático, fue introducida con fines ornamentales en la década de 1970 y actualmente se ha establecido y expandido en varias localidades del país, evidenciando daños en plantaciones forestales y frutales debido a sus hábitos de consumo y su actividad de descortezado (Borgnia et al., 2023; Darget et al., 2019, 2021, 2022; Guichón et al., 2019; Pedreira et al., 2017, 2020, 2021, 2023; Zarco et al., 2018).

Sin embargo, los daños a la producción agrícola no se restringen únicamente a la presencia de especies exóticas. La cotorra (*Myiopsitta monachus*, Boddaert, 1783), especie de ave nativa de Sudamérica, también genera impactos negativos en los sistemas productivos tanto en nuestro país como en otras regiones donde ha sido introducida (Canavelli et al., 2012). Su distribución natural incluye Argentina, Uruguay, el sur de Brasil, Paraguay y Bolivia (Bucher y Aramburú, 2014), pero ha sido introducida en distintas partes del mundo, estableciéndose exitosamente como especie invasora en Norteamérica (Estados Unidos), Europa (España, Italia, Francia, Bélgica, Países Bajos, Reino Unido) y partes de Asia, donde ocasiona daños en cultivos y en la infraestructura debido a su comportamiento gregario y la construcción de voluminosos nidos comunales (Postigo et al., 2021). Debido a los cambios antrópicos de los ambientes pampeanos, y al aumento de especies exóticas forestales como el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) registrados en nuestra región, en el transcurso de 110 años, la cotorra logró expandirse a lo largo del territorio y ocupar un área de 330.000 km² (Bucher y Aramburú, 2014). En la actualidad debido a su prolificidad, su dieta variada

y a los daños que genera en cultivos de granos, semillas, flores y frutos, la cotorra está declarada ave plaga por la Disposición N° 116/64 de “Plagas de la agricultura”, que reglamenta el Decreto-ley N° 6704/63 (Régimen de defensa sanitaria de la producción agrícola) de la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación Argentina (actual Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) (Canavelli et al., 2012; Canavelli et al., 2020).

Tanto la ardilla de vientre rojo como la cotorra habitan en simpatria en sectores de la provincia de Buenos Aires y comparten una estrecha asociación con ambientes arbolados, que utilizan para refugio, reproducción y obtención de recursos alimenticios. La presencia simultánea de ambas especies adquiere especial relevancia en sistemas productivos basados en cultivos arbóreos, donde pueden ocasionar daños sobre estructuras vegetales y frutos (Canavelli et al., 2020; Guichón et al., 2019; Pedreira et al., 2020; Zarco et al., 2018).

En este contexto, resulta importante destacar que dentro de los cultivos arbóreos que son utilizados por la ardilla de vientre rojo y por la cotorra en Argentina (Canavelli et al., 2020; Lorenzi et al., 2023), la producción de nuez pecán (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch, 1873) ha experimentado una expansión sostenida desde la década de 1990, consolidándose como alternativa frutícola de alto valor comercial y agroecológico, particularmente en la región del Litoral y en la provincia de Buenos Aires (SAGyPA, 2020; Trabichet, 2023). El crecimiento de la superficie implantada, junto con la coincidencia espacial entre plantaciones de pecán y poblaciones de ardilla de vientre rojo y cotorra en el noreste bonaerense (Guichón et al., 2020; Jiménez y Carbajal, 2017), plantea interrogantes sobre las pérdidas productivas registradas asociadas al daño ocasionado por ambas especies. Sin embargo, actualmente no existen estudios que cuantifiquen la magnitud de este impacto y permitan asociarlo directamente con la presencia de la ardilla de vientre rojo y de la cotorra en plantaciones de pecán de la región.

Con el propósito de aportar información para evaluar las consecuencias económicas generadas por los daños en los cultivos de nuez pecán por la ardilla de vientre rojo y la cotorra, se propuso como objetivo general evaluar el daño ocasionado por parte de ambas especies en tres establecimientos productivos de nuez pecán, ubicados en dos localidades del noreste de la provincia de Buenos Aires. Para ello, se plantearon cuatro objetivos específicos: (1) determinar la abundancia de la ardilla de vientre rojo y la cotorra presentes en las plantaciones estudiadas; (2) caracterizar el tipo y el patrón de daño asociados a ambas especies; (3) cuantificar y comparar el daño en términos de porcentaje de frutos dañados y biomasa afectada (kg de nueces por árbol); y (4) evaluar si la magnitud del daño difiere entre variedades de pecán y entre las etapas de llenado del fruto y cosecha, en lotes que presentan distinta densidad de ambas especies. La información generada permitirá estimar el impacto productivo asociado al daño causado por estas especies y aportar herramientas para el diseño de estrategias de manejo destinadas a reducir sus efectos económicos sobre la producción de pecán.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el otoño–invierno de 2023 en tres establecimientos dedicados a la producción de nuez pecán, situados en el noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Dos de ellos, la Estación Experimental de Mercedes y el Establecimiento Senderos de Pecán, se encuentran en la localidad de Gowland (partido de Mercedes; 34°39'05" S, 59°25'51" O). Estos establecimientos, fueron seleccionados debido a la presencia establecida en simpatria de poblaciones de ardilla de vientre rojo y cotorra, registradas previamente mediante monitoreo sistemáticos y reportes de daño en la zona, mientras que el tercer establecimiento, Finca La Resurrección, ubicado en Las Chacras (partido de Lobos; 35°11'11" S, 59°05'46" O), situado a una distancia aproximada de 66 km de Mercedes, se seleccionó por la ausencia de ardilla de vientre rojo y baja presencia de cotorras dentro de los lotes productivos de nueces pecán de este establecimiento (G. Lunazzi, com. pers., 2023; Hertzriken, 2021) (Figura 1).

Los tres establecimientos comparten condiciones edafoclimáticas similares, características de la región de la Pampa Ondulada, con un clima templado húmedo y suelos Argílicos (Galmarini,

2016; Lanzelotti, 2013; Schulz y Tenti Vuegen, 2025). En el partido de Mercedes, la actividad agropecuaria predominante es la ganadería, seguida por la agricultura y la frutihorticultura. Por otro lado, en el partido de Lobos predomina la ganadería de tipo lechera, complementada por agricultura (principalmente cultivos de trigo, maíz y soja), apicultura y fruticultura (INDEC, 2021).

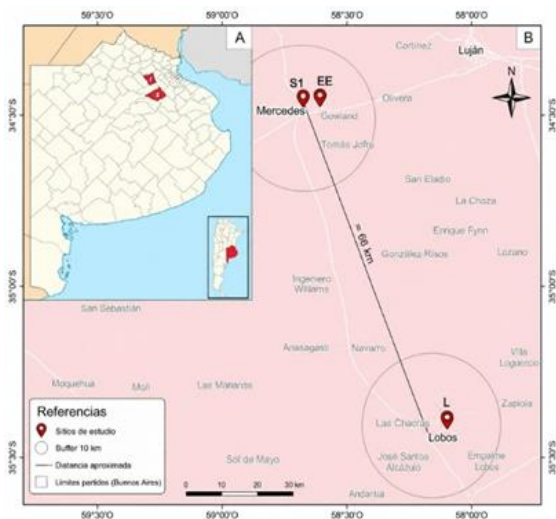


Figura 1. Ubicación de los establecimientos productivos incluidos en el estudio en la provincia de Buenos Aires, Argentina. (A) Partidos de Mercedes (I) y Lobos (II). Fuente: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (B) Localización de "Senderos de Pecán" (S1) y "Estación Experimental" (EE) en la localidad de Gowland (partido de Mercedes), y de "Finca La Resurrección" (L) en la localidad de Las Chacras (partido de Lobos). Fuente: elaboración propia a partir de imágenes de Google Maps.

Figure 1. Location of the productive establishments included in the study in Buenos Aires Province, Argentina. (A) Municipalities of Mercedes (I) and Lobos (II). Source: Government of the Province of Buenos Aires. (B) Locations of "Senderos de Pecán" (S1) and "Estación Experimental" (EE) in Gowland (Mercedes), and "Finca La Resurrección" (L) in Las Chacras (Lobos). Source: authors' elaboration based on Google Maps imagery.

Diseño de muestreo

En cada establecimiento se seleccionaron árboles de pecán como unidades de muestreo para la evaluación del daño en frutos. El tamaño de la muestra total fue de 28 árboles distribuidos entre los tres establecimientos estudiados, lo cual correspondió como mínimo al 15 % de la población total de cada lote (total de árboles del lote: EE1= 33 árboles, EE2= 35 árboles, S1= 46 árboles, L= 45 árboles). Se siguieron las recomendaciones metodológicas de Huggins (1995) para la evaluación de daños por vertebrados en frutales comerciales, las cuales establecen que un umbral de muestreo del 15 % de la masa forestal productiva estabiliza la varianza y minimiza el error estándar en la extrapolación de biomasa perdida en diseños agrícolas lineales.

Las unidades de muestreo se localizaron dentro de lotes productivos de aproximadamente 0,5 ha, definidos por el área ocupada por los árboles seleccionados. Dentro de cada lote, las unidades se distribuyeron espacialmente a lo largo de las líneas de plantación; se seleccionó inicialmente un árbol al azar en cada línea y, a partir de éste, los restantes fueron elegidos manteniendo una distancia aproximada de 50 m entre sí. Este procedimiento permitió distribuir las muestras de manera homogénea, y minimizar la dependencia de las observaciones. Cada unidad de muestreo fue georreferenciada y se registró la variedad de pecán correspondiente. Del total de árboles evaluados, 12 correspondieron a la Estación Experimental, distribuidos entre dos sectores de diferente edad de plantación: el lote EE1 (cinco árboles de 16 años de las variedades: Stuart n= 2, Kernodle n= 2 y Harris Super n= 1) y el lote EE2 (siete árboles de 38 años de las variedades: Desirable n= 3, Stuart n= 2 y Kernodle n= 2). Por su parte, siete árboles correspondieron al establecimiento Senderos de Pecán (S1, lote de 16 años de las variedades: Harris Super n= 3, Stuart n= 2, Kernodle n= 1 y Pawnee n= 1); y nueve árboles al establecimiento Finca La Resurrección (L, lote de 16 años integrado por Pawnee n= 4, Starking n= 3, INTA n= 1 y Stuart n= 1) (Figura 2).

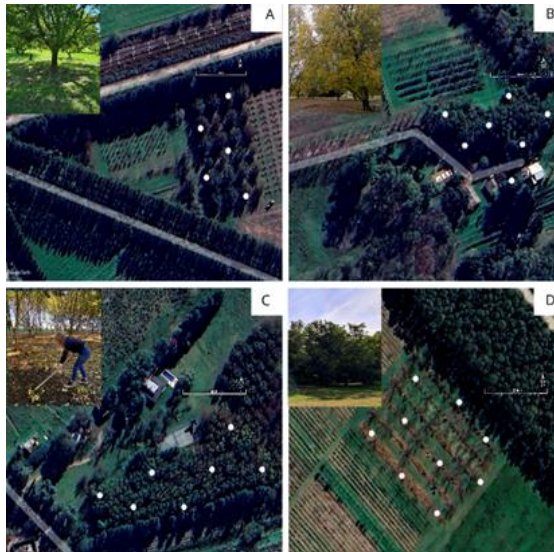


Figura 2. Distribución de unidades de muestreo en los cuatro lotes definidos: Estación experimental: EE1 (A), EE2 (B); Senderos de pecán: S1 (C) y Finca la Resurrección: L (D). Arriba a la izquierda se incluye un detalle de uno de los puntos de medición. Imágenes: elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.

Figure 2. Distribution of sampling units across the four sites: Experimental Station: EE1 (A), EE2 (B); Senderos de Pecán: S1 (C); and Finca la Resurrección: L (D). An example of one sampling point is shown in the upper left corner. Images: authors' own elaboration based on Google Earth imagery.

Presencia y abundancia de ardilla de vientre rojo y cotorra

Para corroborar la presencia y estimar la abundancia de la ardilla de vientre rojo en los lotes de estudio se aplicaron las metodologías de captura y monitoreo descritas en el protocolo de manejo desarrollado por nuestro grupo de investigación (Benítez et al., 2023). De manera complementaria, se realizó un muestreo simultáneo destinado a detectar otras especies de roedores potencialmente consumidoras de frutos de pecán presentes en las plantaciones evaluadas.

La estimación de la riqueza y abundancia de estos roedores se realizó mediante capturas dentro de las unidades de muestreo. Se utilizaron trampas tipo jaula Tomahawk y trampas Sherman. La captura se realizó tanto durante el día como durante la noche, con el fin de capturar individuos de ardillas, de hábitos diurnos, y posibles roedores frugívoros nocturnos que pudieran consumir nueces del suelo. Esta metodología ha sido previamente validada en estudios de ardillas y mamíferos simpátricos en Argentina (Gozzi et al., 2013a, 2013b, 2014; Gozzi, 2015). El protocolo de captura fue aprobado por el Comité Académico de Bioética de la Universidad Nacional de Luján (RESHCS-LUJ:0000462-14) y contó con el permiso de captura científica otorgado por la Dirección de Flora y Fauna de la Provincia de Buenos Aires.

Para el registro de ardillas se colocaron trampas Tomahawk ($n = 28$), cebadas con naranjas a una altura mínima de 2 metros, una en cada unidad de muestreo. Paralelamente, se colocaron trampas Tomahawk ($n = 28$), cebadas con manzanas al pie de los árboles, junto con trampas Sherman ($n = 28$), cebadas con una mezcla de avena y pasta de maní, destinadas a detectar la presencia de roedores frugívoros de hábitos nocturnos. Las campañas de captura se realizaron durante cuatro días consecutivos siguiendo las recomendaciones de trapeo establecidas por Benítez et al. (2023). Las ardillas capturadas fueron marcadas individualmente y liberadas en el lugar de captura, siguiendo el método de captura-marcado-recaptura (CMR). La abundancia de ardillas por lote se estimó aplicando la fórmula de Schnabel (Sutherland, 2006), y la densidad poblacional se calculó considerando el área efectiva de muestreo.

Por otro lado, la abundancia de cotorras se determinó mediante 12 puntos de observación fijos distribuidos proporcionalmente (tres puntos independientes por cada uno de los 4 lotes de estudio), separados por una distancia mínima de 75 m (Ralph et al., 1996). En cada punto se aplicó el método de conteo por tiempo/área (Freemark y Rogers, 1995), consistente en registrar de forma visual y auditiva a todos los individuos activos dentro de un radio fijo de 50 m durante un período estandarizado de 10 minutos en las horas de mayor actividad (primeras horas de la mañana). Las

observaciones se realizaron durante dos días consecutivos para promediar la variación conductual provocada por factores meteorológicos; estos valores diarios se consolidaron mediante promedios por punto para evitar la pseudo-replicación en los análisis estadísticos posteriores. Los conteos se realizaron durante la etapa de llenado-maduración de los frutos, cuando las nueces se encuentran disponibles para el consumo y la presencia de las especies evaluadas se vincula directamente con el daño potencial sobre el cultivo. Para el cálculo de densidad de cotorras por hectárea se estimó siguiendo la metodología de González (2011), que pondera la abundancia observada (n) según el área efectiva de detección correspondiente al radio del punto de observación (50 m) y la frecuencia de encuentro de bandadas.

La estimación de abundancia se incorporó con el objetivo de contextualizar el impacto de las especies evaluadas en los establecimientos. Esta información permitió definir la intensidad de uso del lote y comparar la presión de forrajeo entre especies. Para los fines de este estudio, la intensidad de uso se expresó como la densidad estimada de cada especie (individuos/ha), representando el grado de utilización del establecimiento por parte de cada especie y la presión de forrajeo se cuantificó mediante el porcentaje de frutos dañados o los kilogramos de biomasa dañadas por árbol. Estas variables permitieron relacionar la abundancia de ardillas y cotorras con el daño registrado en el cultivo y comparar la magnitud relativa de su impacto entre especies.

Análisis de daño en frutos

En cada unidad de muestreo ($n = 28$ árboles) se estimó la disponibilidad total de frutos mediante la cuantificación de los frutos presentes en una porción representativa del dosel y su correspondiente proyección vertical en el suelo. Para ello, se instaló una red cuadrada de media sombra de 1 m^2 de superficie de forma horizontal en el tercio medio de la copa, sobre ramas al azar. La red actuó como una trampa colectora de caída, reteniendo los frutos desprendidos naturalmente o por la actividad de la fauna. Complementariamente, en el suelo se delimitó una parcela circular de muestreo de $12,56 \text{ m}^2$ (diámetro = 4 m), ubicada dentro de la línea de plantación, en la proyección vertical comprendida entre el tronco y el borde externo de la copa. Esta parcela se encontraba directamente debajo de la trampa aérea, por lo que ambos dispositivos muestreaban la misma porción del dosel (Figura 3).

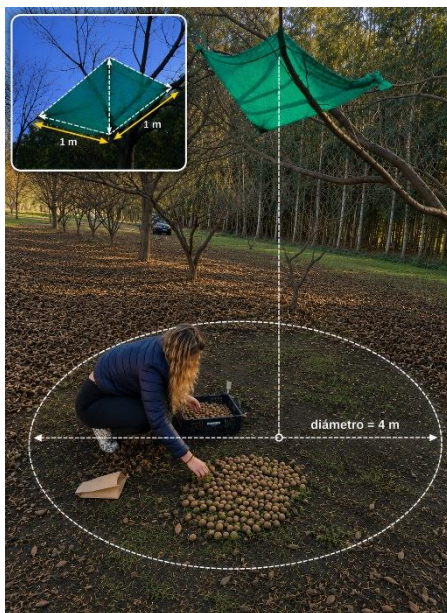


Figura 3. Detalle de unidad de muestreo. Red cuadrada de media sombra de 1 m^2 sobre la copa del árbol y parcela circular de muestreo de $12,56 \text{ m}^2$ delimitada en el suelo fija por debajo de la red.

Figure 3. Detail of a sampling unit. A 1 m^2 square shade-cloth net installed beneath the tree canopy and a fixed circular ground sampling plot ($12,56 \text{ m}^2$) established directly below the net.

La red interceptaba una fracción de los frutos antes de que alcanzaran el suelo; por lo tanto, para estimar la disponibilidad total de frutos en el área muestreada se consideró conjuntamente el número de frutos retenidos en la red (n_{red}) y aquellos registrados en la parcela de suelo (n_{suelo}). La densidad de frutos obtenida en la superficie de muestreo fue extrapolada al área proyectada de la copa de cada árbol (a_{copa}) para estimar el número total de frutos disponibles por árbol (N_{ftotal}) según la siguiente fórmula:

$$N_{\text{ftotal}} = (n_{\text{red}} + n_{\text{suelo}}) / 12,56 \text{ m}^2 \times a_{\text{copa}}$$

donde n_{red} : corresponde al número de frutos retenidos en la trampa aérea; n_{suelo} : al número de frutos registrados en la parcela de suelo y a_{copa} : al área proyectada de la copa de cada árbol (m^2).

La disposición de la red dentro de las ramas permitió además recuperar frutos dañados inmediatamente después de su manipulación por la fauna. Los patrones de daño observados en estos frutos fueron comparados con los registrados en los frutos encontrados en el suelo, considerando la forma de apertura de la cáscara, la ubicación de las marcas de consumo y el patrón de remoción del endosperma. Esta comparación permitió corroborar la asignación de los daños a ardillas y cotorras.

Los frutos sanos y dañados presentes en la parcela de suelo fueron contabilizados y removidos semanalmente, clasificándose estos últimos según el agente causante (ardillas o cotorras) de acuerdo con los patrones de daño previamente definidos. Luego de cada muestreo, la superficie fue rastrillada para evitar el recuento de frutos en evaluaciones posteriores. La cantidad acumulada de frutos sanos y dañados por árbol se obtuvo a partir de la suma de los conteos efectuados a lo largo de todo el período de estudio. Los muestreos se realizaron durante dos etapas fenológicas del cultivo: inicio del llenado de frutos (marzo–abril de 2023) y cosecha (mayo–junio de 2023) (Espelta et al., 2009; Huggins, 1995).

La determinación del origen del daño se basó en una combinación de criterios que incluyó: (i) la descripción de rasgos morfológicos característicos de cada tipo de consumo; (ii) pruebas de cafetería previas realizadas para la ardilla de vientre rojo, que permitieron documentar la morfología típica del daño generado por esta especie; (iii) observaciones directas de cotorras alimentándose en los lotes de estudio y la recolección inmediata de frutos caídos durante dichas observaciones; y (iv) la comparación de los patrones de daño en el lote L sin presencia de ardillas, lo que permitió confirmar el patrón exclusivo de consumo por cotorras. El daño ocasionado por cotorras se identificó por perforaciones localizadas, principalmente en los extremos del fruto, la presencia de surcos lineales producidos por el pico y frutos parcialmente consumidos que suelen caer al suelo durante la manipulación; estas aves poseen picos robustos capaces de fracturar frutos duros (Montaldo, 2015). En contraste, las ardillas generaron orificios amplios, irregulares y de mayor extensión, con pérdida casi total del contenido, además de marcas evidentes de los incisivos en la cáscara (Borgnia et al., 2023).

Durante la cosecha se obtuvo una muestra aleatoria de 100 frutos sanos por árbol para determinar el peso promedio de los frutos. A partir de este valor se calculó el peso de 1000 frutos (P_{1000}) según la fórmula:

$$P_{1000} = (P_{100} / 100) \times 1000$$

donde peso_{100} corresponde al peso (kg) de la muestra de 100 frutos sanos.

Posteriormente, el número de frutos estimados por árbol, tanto los frutos totales disponibles como los frutos dañados por cada especie, fue convertido a unidades de biomasa (kg árbol^{-1}) utilizando el peso promedio individual obtenido del P_{1000} , según la fórmula:

$$Bd = N_{\text{ftotal o dañados}} \times (\text{Peso}_{1000} / 1000)$$

donde Bd es la biomasa total dañada (kg árbol^{-1}) y $N_{\text{ftotal o dañados}}$ es el número de frutos de la categoría considerada (frutos totales disponibles o frutos dañados) y P_{1000} es el peso de 1000 frutos (kg). De este modo, fue posible calcular la biomasa total de frutos disponibles y la biomasa de frutos

dañados por árbol, lo que permitió una comparación cuantitativa entre lotes y entre especies respecto del volumen de pérdida atribuible al consumo por ardillas y cotorras.

Análisis de datos

Se realizaron análisis descriptivos y pruebas estadísticas no paramétricas para evaluar las variaciones en la abundancia de ardillas y cotorras, así como en el porcentaje de daño en los frutos entre los diferentes lotes y períodos. El porcentaje de daño en frutos se calculó utilizando la relación entre el número de frutos dañados acumulados y el total de frutos disponibles, según la siguiente fórmula (Espelta et al., 2009; Huggins, 1995):

$$\% \text{ Daño} = (n_d / N_{f\text{total}}) \times 100$$

donde n_d es el número total de frutos con daño por especie en el árbol (obtenido a partir de los muestreos semanales del suelo y la interceptación en la red) y $N_{f\text{total}}$ es el número total estimado de frutos disponibles para ese mismo árbol.

Se aplicaron pruebas de Kruskal–Wallis para comparar la abundancia de ardillas, la abundancia de cotorras y el porcentaje de daño por árbol entre los distintos lotes evaluados. Para evaluar diferencias en el porcentaje de daño entre especies y entre períodos, se empleó la prueba U de Mann–Whitney. Finalmente, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar la relación entre la disponibilidad total de frutos por árbol y la cantidad de frutos dañados por cada especie. Se utilizó el software SPSS versión 15.0 (SPSS Inc., 2006).

RESULTADOS

Presencia y abundancia de ardilla de vientre rojo y cotorra

Las dos especies registradas como consumidoras de frutos de pecán en las plantaciones evaluadas fueron la ardilla de vientre rojo y la cotorra. No se registró la presencia de otros psitácidos ni evidencias de consumo atribuibles a otros roedores durante las campañas de captura y observación directa. La abundancia de ambas especies fue alta en los tres lotes con antecedentes de presencia, mientras que el lote Lobos (sin ardillas) se diferenció significativamente al presentar la menor abundancia de cotorras. La densidad estimada de ardillas fue de 13 individuos ha^{-1} DS= 6,20 para el lote S1, 16,60 individuos ha^{-1} DS= 7,80 para el lote EE1 y 23 individuos ha^{-1} DS= 9,50 para el lote EE2, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($H= 0,79$; $p= 0,64$; $n= 19$). En total, se registraron 28 capturas de ardillas, con variaciones en el porcentaje de recaptura según el lote (14,28 % en S1, 33,33 % en EE1 y 25,12 % en EE2).

En cuanto a la cotorra, se registró su presencia en el 90 % de los puntos de observación, con una abundancia que varió entre 0 y 14 individuos por punto. La mayor densidad promedio se registró en el lote S1 (67 individuos ha^{-1} DS= 6,50), seguido por los lotes EE1 (62 individuos ha^{-1} DS= 5,10) y EE2 (38 individuos ha^{-1} DS= 9,02), mientras que el lote L presentó la menor densidad, diferenciándose estadísticamente de los otros (28 individuos ha^{-1} DS= 8,50) ($H= 10,62$; $p< 0,05$; $n= 12$).

Caracterización cualitativa del daño en frutos de pecán

Se identificaron patrones de daño claramente diferenciados entre la ardilla de vientre rojo y la cotorra, lo que permitió asignar los frutos afectados a cada especie en función de las características morfológicas observadas. Los daños atribuibles a la ardilla se caracterizaron por mordeduras de forma ovalada que se extienden longitudinalmente a lo largo de la nuez, consumiendo una proporción significativa del endospermo y dejando usualmente intacto el tabique interno. En frutos inmaduros, las marcas dejadas por los incisivos fueron visibles en el ruezno, afectando tanto la cubierta externa como el endocarpo. Por su parte, las cotorras consumieron los frutos principalmente desde los extremos, generando una abundante caída de ejemplares parcialmente consumidos al suelo. En muchos casos, solo dañaban el ruezno sin llegar a consumir la semilla. A diferencia del patrón observado en ardillas, los tabiques de los frutos picoteados por cotorras se

encontraron fragmentados y dispersos, lo que evidenció el tipo de manipulación ejercida durante la alimentación (Figura 4).



Figura 4. Daño ocasionado en nueces pecán por la ardilla de vientre rojo y por la cotorra. Arriba: daño causado por la ardilla de vientre rojo, de izquierda a derecha en orden creciente de intensidad: marcas de dientes en el ruezno (A), daño en ruezno y semilla (B–C). Abajo: daño causado por la cotorra, de izquierda a derecha en orden creciente de intensidad: picoteo en el ruezno (D), daño en ruezno y semilla (E–F). Arriba a la derecha se incluye un detalle ilustrado del tipo de daño. Escala = 1 cm.

Figure 4. Damage to pecan nuts caused by the red-bellied squirrel and the monk parakeet. Top: Damage caused by the red-bellied squirrel, from left to right in increasing order of severity: tooth marks on the husk (A), damage to the husk and kernel (B–C). Bottom: Damage caused by the monk parakeet, from left to right in increasing order of severity: pecking marks on the husk (D), damage to the husk and kernel (E–F). An illustrated detail of the type of damage is shown at the top right. Scale = 1 cm.

Cuantificación del daño ocasionado por la ardilla de vientre rojo y la cotorra

Las plantaciones de pecán presentaron daños en frutos atribuibles al consumo por ardillas en el 100 % de los árboles relevados (n= 19) y por acción de cotorras en el 89,3 % (n= 28). El análisis del daño ocasionado por la ardilla de vientre rojo y la cotorra mostró que ambas especies produjeron pérdidas significativas en las plantaciones de pecán evaluadas.

En el caso de la ardilla, el porcentaje de daño en frutos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tres lotes con presencia de la especie (lote S1, lote EE1 y lote EE2) ($H=0,22$; $p>0,05$; $n=19$), con un promedio general de 18,70 % (rango: 2,43–56,84 %; $DS=15,8$). Los mayores porcentajes de daño superaron el 25 %, registrado especialmente en árboles más cercanos a las borduras con un promedio de 34,75 % ($DS=14,84$; $n=9$) frente a un 6,99 % ($DS=3,46$; $n=10$) de los árboles ubicados hacia el centro de las plantaciones, correspondientes a las variedades Kernodle (n= 5), Stuart (n= 6) y Desirable (n= 3) (Figura 5).

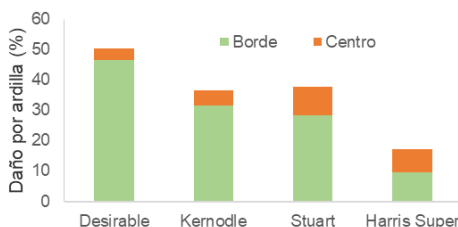


Figura 5. Porcentaje de daño por ardilla en árboles de pecán según la variedad y su ubicación espacial en el lote (bordura o centro). Las barras representan los valores medios de daño detectados en cada categoría.

Figure 5. Percentage of squirrel damage in pecan trees according to variety and spatial location within the plot (edge or center). Bars represent the mean damage values detected for each category.

Las pérdidas en términos de biomasa de frutos dañados por planta variaron considerablemente entre lotes debido a diferencias en la disponibilidad de nueces por planta. Así, para el caso de la

ardilla de vientre rojo, el lote S1 presentó pérdidas promedio de $0,61 \text{ kg planta}^{-1}$ (DS= 0,70; rango: 0,06–1,64; n= 7), el lote EE1 de $2,73 \text{ kg planta}^{-1}$ (DS= 3,06; rango: 1,04–8,13; n= 5) y el lote EE2 alcanzó los valores más elevados, con $15,28 \text{ kg planta}^{-1}$ (DS= 14,48; rango: 1,23–36,97; n= 7).

En cuanto a la cotorra, se registró un promedio de daño del 14,45 % en los tres lotes (rango: 0,12–56,36 %; DS= 16,93; n= 19), con diferencias estadísticamente significativas respecto del lote L, donde el daño promedio fue de 0,35 % (DS= 0,56; n= 9) ($H= 15,74$; $p < 0,05$). En este caso, el daño promedio en las borduras fue del 11,20 % (DS= 16,56; n= 11) y de un 11,07 % (DS= 15,48; n= 14) en el centro de las plantaciones (Figura 6). Siendo la variedad Kernodle la más afectada en el total de la plantación con un promedio general de 22,18 % (DS= 22,66; n= 4) y valores individuales que superaron el 25 % tanto en borde (27,40 %) como en centro (54,29 %).

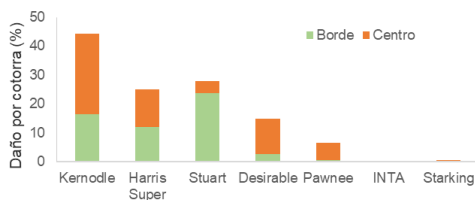


Figura 6. Porcentaje de daño por cotorra en árboles de pecán según la variedad y su ubicación espacial en el lote (bordura o centro). Las barras representan los valores medios de daño detectados en cada categoría.

Figure 6. Percentage of monk parakeet damage in pecan trees according to variety and spatial location within the plot (edge or center). Bars represent the mean damage values detected for each category.

Por su parte, las pérdidas en biomasa de frutos dañados por la cotorra fueron de 0,31 kg en el lote S1 (DS= 0,23; rango: 0,03–0,60; n= 7), 3,90 kg en el lote EE1 (DS= 7,01; rango: 0,33–16,43; n= 5), 10,71 kg en el lote EE2 (DS= 12,93; rango: 0,57–33,40; n= 7) y solo 0,10 kg en el lote L (DS= 0,11; rango: 0–0,26; n= 7).

Se evidenció una relación positiva y significativa entre la disponibilidad de frutos y el nivel de daño ocasionado, lo que indica que tanto la ardilla de vientre rojo como la cotorra dañaron una mayor cantidad de nueces en aquellas plantas con mayor carga de frutos ($p= 0,85$; $p < 0,001$ y $p= 0,52$; $p < 0,05$, respectivamente) (Figura 7).

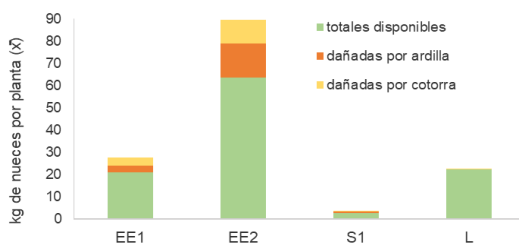


Figura 7. Producción promedio de nueces disponibles por planta (kg) y daño promedio por consumo de la ardilla de vientre rojo y la cotorra (kg/planta) en los cuatro lotes de estudio: Establecimiento Experimental (EE1 y EE2), Senderos de Pecán (S1) y Finca La Resurrección (L). Las barras apiladas muestran la producción promedio total por planta y la fracción correspondiente a las nueces dañadas por cada especie.

Figure 7. Mean pecan nut production per tree (kg) and mean nut damage caused by consumption by the red-bellied squirrel and the monk parakeet (kg/tree) across the four study orchards: Experimental Station (EE1 and EE2), Senderos de Pecán (S1), and La Resurrección Farm (L). Stacked bars represent the mean total nut production per tree and the proportion of nuts damaged by each species.

Independientemente del lote, el porcentaje promedio de daño total ocasionado por ambas especies mostró que perjudican al cultivo de forma similar, sin diferencias estadísticamente significativas (cotorra: 14,45 %, DS= 16,93; ardilla: 18,70 %; DS= 16,08; $W= 323$; $p > 0,05$; n= 19). Del mismo modo, al comparar el porcentaje promedio de daño total producido por ardillas y cotorras dentro de cada lote, tampoco se detectaron diferencias significativas entre ambas especies (lote S1: $W= 46$; n= 7; $p > 0,05$; lote EE1: $W= 24$; n= 5; $p > 0,05$; lote EE2: $W= 45$; n= 7; $p > 0,05$).

Sin embargo, al analizar el porcentaje de daño total entre lotes, se observaron diferencias significativas, determinadas principalmente por los bajos niveles de daño registrados en el lote L, mientras que los lotes con presencia de ambas especies (EE1, EE2 y S1) no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 8).

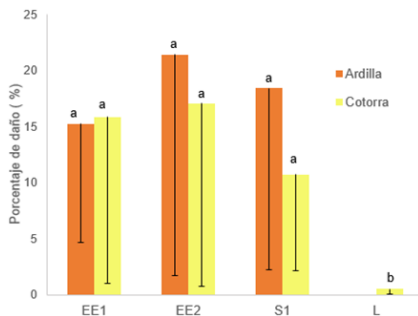


Figura 8. Porcentaje de daño total en nuez pecán causado por la ardilla de vientre rojo y la cotorra, en los cuatro lotes de estudio. Establecimiento experimental (EE1 y EE2); Senderos de pecán (S1); Finca La Resurrección (L). Diferentes letras indican diferencias significativas entre lotes ($p < 0,05$).

Figure 8. Total percentage of pecan nut damage caused by the red-bellied squirrel and the monk parakeet at the four study sites. Experimental Station: (EE1 and EE2); Senderos de pecan: (S1); and Finca La Resurrección (L). Different letters indicate significant differences among sites ($p < 0.05$).

Cuantificación del daño en las etapas de llenado y cosecha del cultivo

El análisis del daño en dos etapas fenológicas del cultivo, correspondientes al llenado del fruto y a la cosecha, mostró diferencias significativas en el porcentaje promedio de daño causado por ardillas y cotorras. Durante el período de llenado del fruto, cuando las nueces aún presentan el ruzno verde, se cuantificó un mayor porcentaje promedio de daño atribuido a la actividad de las cotorras en comparación con el ocasionado por las ardillas (Tabla 1), valores promedio de daño en llenado) Esta diferencia fue estadísticamente significativa en el lote S1 ($W = 68$; $n = 7$; $p < 0,05$), mientras que en los lotes EE1 y EE2 no se detectaron diferencias significativas entre especies (lote EE1: $W = 32$; $n = 5$; $p > 0,05$; lote EE2: $W = 58$; $n = 7$; $p > 0,05$).

Por el contrario, durante el período de cosecha, cuando los frutos alcanzaron su madurez, las ardillas fueron responsables del mayor porcentaje de daño (Tabla 1), valores promedio de daño en cosecha). Esta tendencia fue consistente en los tres lotes con presencia de ambas especies y las diferencias fueron estadísticamente significativas en todos los casos: lote S1 ($W = 29$; $n = 7$; $p < 0,05$), lote EE1 ($W = 17$; $n = 5$; $p < 0,05$) y lote EE2 ($W = 30$; $n = 7$; $p < 0,05$). Estos resultados indican que ambas especies generan un impacto diferencial según el momento del ciclo del cultivo.

Tabla 1. Porcentaje promedio de daño en los períodos de llenado y cosecha del cultivo, ocasionado por ambas especies para los tres lotes relevados. Establecimiento experimental (EE1 y EE2) y Senderos de pecán (S1) Diferentes letras indican que hay diferencias significativas entre columnas ($p < 0,05$) y desvío estándar entre paréntesis.

Table 1. Average percentage of damage in two crop periods caused by both species at the three surveyed sites. Experimental Station: (EE1 and EE2) and Senderos de pecan: (S1) Different letters indicate significant differences among columns ($p < 0.05$), with standard deviations shown in parentheses.

Sitio	n	Daño en llenado (%)		Daño en cosecha (%)	
		Ardilla	Cotorra	Ardilla	Cotorra
S1	7	0,87 (1,24) ^a	9,95 (10,64) ^b	17,56 (17,70) ^a	0,80 (1,34) ^b
EE1	5	5,10 (5,45) ^a	14,16 (14,92) ^a	10,17 (7,29) ^a	1,75 (1,14) ^b
EE2	7	3,38 (3,40) ^a	5,91 (5,72) ^a	13,81 (11,80) ^a	1,63 (0,99) ^b

DISCUSIÓN

Este estudio constituye uno de los primeros en evaluar de manera cuantitativa el daño ocasionado por fauna silvestre en cultivos de nuez pecán en la provincia de Buenos Aires, identificando a la ardilla de vientre rojo y a la cotorra como las únicas especies responsables de las pérdidas productivas registradas. Ambas especies generaron un impacto acumulado similar sobre el rendimiento del cultivo (con promedios generales de daño del 18,70 % y 14,45 %,

respectivamente), lo que representa una disminución en la producción total de nueces. Sin embargo, la presión de forrajeo difirió significativamente entre los dos momentos específicos evaluados. La cotorra afectó la etapa de llenado del fruto, dañando el ruzno y provocando la caída prematura de nueces inmaduras, mientras que la actividad de la ardilla se concentró durante el momento de la cosecha, impactando en mayor proporción sobre los frutos ya maduros. Asimismo, la magnitud de estas pérdidas no fue homogénea, sino que estuvo fuertemente influenciada de forma positiva por la disponibilidad y carga de frutos por planta, registrando además variaciones a nivel espacial entre los lotes de estudio.

La alta densidad de ardillas (Benítez et al., 2023) y cotorras (Mauer, 2024) registrada en los lotes productivos de Mercedes, en contraste con el lote de Lobos, junto con la ausencia de capturas de otros roedores, sugiere que estas especies constituyen los principales agentes de daño sobre la producción regional de pecán. Este resultado coincide con estudios previos que describen a las ardillas y cotorras como especies oportunistas y adaptables, capaces de explotar recursos frutales estacionales en ambientes agrícolas (Canavelli et al., 2020; Guichón et al., 2020). En particular, la elevada abundancia de ardillas observada en Mercedes resulta consistente con su cercanía al foco inicial de invasión de la especie, ubicado en Luján, donde las poblaciones se establecieron hace más de 50 años y alcanzan densidades de hasta 20 individuos por hectárea (Benítez et al., 2023; Darget et al., 2022). Factores como la ausencia de depredadores naturales, la proximidad a la zona de liberación original y la presencia de cortinas forestales que facilitan su desplazamiento han sido señalados como elementos que favorecen el establecimiento y crecimiento poblacional de esta especie en la región (Benítez, 2017; Hertzriken, 2021).

La menor densidad de cotorras en el lote de Lobos podría explicarse por las características particulares del establecimiento, la disponibilidad de recursos alimenticios alternativos o la preferencia por cultivos sincrónicos con la producción de frutos en pecán, como el maíz y el girasol cultivados en áreas vecinas (G. Lunazzi, com. pers., 2023). Estos últimos son de particular atracción para las cotorras, llegando a representar hasta el 75 % de su dieta en ciertos períodos del año (Aramburu, 1991).

El análisis de los frutos de pecán dañados permitió identificar patrones característicos asociados a cada una de las especies evaluadas. El daño causado por las ardillas se caracterizó por una destrucción de gran parte carnosa del fruto, dejando principalmente restos desprovistos de semilla. Se observaron daños extensos que dejaron los frutos abiertos generalmente en la región lateral y, en muchos casos, solo se recuperaron fragmentos del tabique o endocarpo. Estos daños son consistentes con lo reportado para otras especies de ardillas. Por ejemplo, se ha documentado un patrón similar en la ardilla variada (*Sciurus variegatoides*) en plantaciones de cacao, donde los individuos roen los frutos dejando una mordida ovalada con marcas evidentes de los incisivos, mientras que la vena central del fruto permanece intacta (Arriola, 2020). Asimismo, en la ardilla zorro oriental (*Sciurus niger*) se han descrito daños en nueces de pecán caracterizados por cáscaras fragmentadas o por orificios de entrada con bordes irregulares y astillados, acompañados de marcas de incisivos que permiten distinguirlos del daño ocasionado por aves (Huggins, 1995).

En contraste, las cotorras mostraron un patrón de daño diferente, caracterizado por el picoteo de frutos verdes sin un consumo completo de la semilla, lo que implica un uso ineficiente del recurso. Este comportamiento podría deberse a la dificultad que presentan estas aves para manipular los frutos con sus extremidades, provocando su caída antes de ser consumido en su totalidad. Coincidiendo con estudios previos sobre psitácidos, el daño típico se centra en los extremos del fruto, sin llegar a su consumo integral (SAGPyA, 2020). En varias ocasiones, se observó a las cotorras picotear el ruzno y dejar caer el fruto al suelo, un comportamiento corroborado por productores de pecán (M. Basso, com. pers., 2023), evidenciando la particularidad del daño que causan.

El daño ocasionado por la ardilla de vientre rojo en las plantaciones de nuez pecán resultó relevante, con un promedio del 18,7 % en los lotes estudiados, un valor similar al registrado previamente en la localidad de 25 de Mayo en una parcela ornamental, donde se estimó una pérdida cercana al 23 % de los frutos (Darget, 2019; datos no publicados). Considerando el rendimiento

promedio de los árboles evaluados, los niveles de daño observados implican una reducción cercana a una quinta parte de la producción potencial por planta, lo que evidencia la capacidad de esta especie para generar pérdidas productivas y económicas de importancia para el cultivo. El daño respondió también a patrones espaciales, dado que los árboles ubicados en bordes de plantación registraron los niveles más altos de consumo. Esto podría estar asociado a una mayor disponibilidad de frutos en estos sectores, ya que la menor competencia por luz y espacio favorece el desarrollo y la producción en las ramas periféricas del cultivo (Vega y Batista, 2016). A su vez, la proximidad a las cortinas forestales circundantes podría facilitar el acceso y permanencia de las ardillas en estos árboles, coincidiendo con observaciones realizadas en esta y otras regiones (Cuevas et al., 2021; Lorenzi et al., 2023).

Las áreas de bordura proporcionan refugio para las ardillas, ya que tienden a nidificar en cortinas forestales o parches adyacentes y no dentro de las propias plantaciones, lo que reduce el riesgo de depredación y mejora el acceso al cultivo (Lorenzi et al., 2023). Este patrón podría relacionarse, además, con las prácticas habituales del manejo del pecán, que incluyen tanto los procedimientos de cosecha como la agitación mecánica de los árboles mediante vibradores hidráulicos, como labores de poda y raleo que se realizan durante el año y que podrían generar disturbios recurrentes poco favorables para el establecimiento de nidos en el interior del cultivo. En conjunto, estos factores se alinean con el carácter generalista y oportunista de la especie, ampliamente documentado tanto en Argentina como en otras regiones donde fue introducida (Guichón et al., 2023; Hori et al., 2006; Pedreira et al., 2017; Zarco et al., 2018). Esta información resulta valiosa para orientar la implementación de medidas de control, promoviendo la colocación focalizada de jaulas de trampeo en los bordes de los lotes, con el objetivo de optimizar su efectividad.

Por su parte, la cotorra también ocasionó pérdidas de importancia en la producción de nuez pecán, con un promedio de daño del 14 % en los lotes evaluados en Mercedes. Considerando el rendimiento promedio de los árboles evaluados, los niveles de daño cuantificados implican una reducción cercana a una décima parte de la producción potencial por planta, lo que evidencia la capacidad de esta especie para generar pérdidas productivas y económicas de importancia para el cultivo. Estos resultados son consistentes con lo informado por Canavelli et al. (2020), quienes reportaron, mediante encuestas a productores, un daño moderado (5–10 %) en la provincia de Buenos Aires. Se observaron diferencias entre lotes, ya que el lote en Lobos presentó un daño sustancialmente menor, probablemente debido a una menor abundancia de cotorras y a la disponibilidad de recursos alimenticios alternativos. La presencia de cultivos como girasol y maíz temprano durante la etapa de llenado de frutos habría desviado el consumo hacia estos cultivos, preferidos por las cotorras (Aramburú, 1997). La variedad de pecán ‘Kernodle’, caracterizado por poseer cáscara fina, resultó particularmente susceptible al forrajeo, presentando proporciones de daño superiores en comparación a las demás en estudio, como, por ejemplo, ‘Harris Super’, ‘Stuart’ y ‘Desirable’. Si bien estos resultados resaltan la importancia de considerar la selección del cultivar dentro de las estrategias de mitigación, es necesario realizar estudios futuros estudios que abarquen un mayor número de árboles por cultivar.

Al comparar los dos momentos fenológicos evaluados del cultivo, se observaron diferencias en el patrón de daño atribuido a ambas especies. Las ardillas intensificaron su actividad de consumo en la fase de maduración y cosecha del fruto, coincidiendo con una mayor disponibilidad de nueces maduras, patrón también observado en otras especies de ardillas en cultivos frutales (Molina y Briceño, 2018; Ramírez y López, 1976). Su modo de consumo, que implica la utilización completa del fruto (dejando solo el tabique de la nuez), representa una pérdida total del fruto, imposibilitando su aprovechamiento comercial. Además, las ardillas poseen comportamientos de almacenamiento y consumo diferido que podrían intensificar la recolección de frutos en esta fase, incrementando el nivel de extracción (Zarco et al., 2018).

En contraste, las cotorras produjeron mayores niveles de daño durante la etapa de llenado del fruto, previa a la maduración. Este resultado coincide con lo reportado por Canavelli et al. (2020), quienes señalaron que la mayor percepción de daño en plantaciones de pecán ocurre durante las

etapas de desarrollo del fruto (74,6 %) y apertura del ruezno (68,7 %). La mayor incidencia de daño en estas fases podría estar asociada a una mayor accesibilidad a los tejidos del fruto antes de su maduración completa. En este sentido, las cotorras suelen consumir preferentemente el ruezno verde y, en algunos casos, dejar intacta la semilla, lo que permitiría su posterior cosecha y podría atenuar el impacto económico del daño en comparación con el ocasionado por las ardillas. Asimismo, Bucher y Aramburú (2014) señalaron que más del 50 % de la dieta de las cotorras entre octubre y enero está compuesta por especies silvestres, mientras que el consumo de cultivos como maíz y girasol disminuye debido a su estado fenológico. Dado que este período coincide con las etapas de cuaje y llenado de frutos del pecán, es posible que la disponibilidad de este recurso favorezca una mayor utilización por parte de la especie.

CONCLUSIÓN

Este estudio demuestra que la ardilla de vientre rojo y la cotorra generan pérdidas significativas en la producción de nuez pecán en la provincia de Buenos Aires, aunque con impactos diferentes en magnitud, momento fenológico y tipo de daño. La ardilla, al consumir frutos maduros durante el periodo de cosecha, ocasiona una reducción directa del rendimiento, mientras que la cotorra afecta principalmente las etapas tempranas de llenado del fruto, limitando su desarrollo completo.

Estas diferencias subrayan la importancia de diseñar estrategias de manejo integradas que contemplen el ciclo fenológico completo del cultivo, con medidas específicas para cada especie según su comportamiento, abundancia y preferencias alimenticias. Asimismo, la identificación de los factores ecológicos que favorecen su proliferación, como la disponibilidad de hábitats propicios para anidación o refugio, permitirá orientar acciones preventivas más efectivas.

Particularmente, la focalización del control sobre la ardilla de vientre rojo, principal responsable del daño, representa una herramienta clave para mitigar las pérdidas productivas y, al mismo tiempo, contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agroforestales y a la contención de la expansión de fauna exótica en la región.

AGRADECIMIENTOS

A los establecimientos productivos que colaboraron en este estudio, permitiendo el uso de sus instalaciones y herramientas: Sra. Cecilia Romanella (Senderos de Pecán), Ing. Agr. Orlando Boragno (Experimental Mercedes) e Ing. Gabriel Lunazzi (Finca La Resurrección). Asimismo, reconocemos la ayuda de los pasantes y familiares: Melina, Enzo, Florencia, Mateo, Guadalupe y Matías, y el apoyo financiero del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Luján e Instituto de Ecología y desarrollo sustentable (INEDES). UNLu-CONICET.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramburú, R. (1997). Descripción y desarrollo del pichón de cotorra *Myiopsitta monachus monachus* (Aves: Psittacidae) en una población silvestre de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70, 53–58.
- Arriola, A. (2020). Vertebrados plaga: Identificación y cuantificación de sus daños en tres fincas de cacao (*Theobroma cacao*) de El Salvador [Tesis de grado]. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Barrios-García, M. N., & Ballari, S. A. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: A review. *Biological Invasions*, 14, 2283–2300. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>
- Benítez, V. V. (2017). Ecología y dinámica poblacional de la ardilla de vientre rojo *Callosciurus erythraeus* en Argentina [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Benítez, V. V., Gozzi, A. C., Borgnia, M., Pedreira, P. A., Darget, A. y Guichón, M. L. (2023). Protocolo para el manejo integral de la ardilla de vientre rojo, *Callosciurus erythraeus*, en Argentina. INEDES.
- Borgnia, M., Pedreira, P. A., Benítez, V. V., Darget, A. y Guichón, M. L. (2023). *Guía ilustrada de daños ocasionados por la ardilla de vientre rojo en Argentina*. EdUNLu.
- Bucher, E. H. (1992). Neotropical wild birds and agricultural expansion: the case of the eared dove (*Zenaida auriculata*) in Argentina. *Journal of Applied Ecology*, 29, 100–108.
- Bucher, E. H. y Aramburú, R. M. (2014). La cotorra como especie invasora: el caso de las pampas. *Ciencia Hoy*, 24(141), 41–47.
- Canavelli, S. B., Aramburú, R. y Zaccagnina, M. E. (2012). Aspectos a considerar para disminuir los conflictos originados por los daños de la cotorra (*Myiopsitta monachus*) en cultivos agrícolas. *Hornero*, 27(1), 89–101.

- Canavelli, S. B., Cuatrin, A. L., D'Alessio, M., Fracassi, N. C., Gojman, A., González, A., Grassi, A. L., Ferrer, J. L., Frusso, E. A., Peyrou, C., Poitevin, A. y Zaccagnini, M. E. (2020). Primera aproximación a los daños por cotorras (*Myiopsitta monachus*) y su manejo en cultivos de pecán (*Carya illinoensis*) en Argentina. *Serie Extensión INTA Paraná*, 86, 17–26.
- Cassini, M. H. (2022). Human–wildlife conflicts: Does origin matter? *Animals*, 12(20), 2872. <https://doi.org/10.3390/ani12202872>
- Chébez, J. C. y Rodríguez, G. (2014). *La fauna gringa: especies introducidas en la Argentina*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Cuevas, M. F., Albanesse, M. S. y Bobadilla, M. Y. (2021). Ardilla de vientre rojo (*Callosciurus erythraeus*): una nueva especie exótica en Tupungato, Mendoza. Informe Técnico. IADIZA.
- Darget, A., Ávalos, A., Fredes, J., Gozzi, A. C., Dell'Arciprete, V., Sobero y Rojo, M. P. y Benítez, V. V. (2019). Manejo de la ardilla de vientre rojo *Callosciurus erythraeus* en la Estación Forestal INTA 25 de Mayo (25 de Mayo, Buenos Aires): resultados preliminares. En Actas XXXII Jornadas Argentinas de Mastozoología. Puerto Madryn, Argentina.
- Darget, A., Fredes, J., Eggs, A., Gozzi, M. C., Sobero y Rojo, M. P. y Benítez, V. V. (2021). Manejo de ardilla de vientre rojo (*Callosciurus erythraeus*) mediante remoción completa de individuos en el foco de invasión Luján: resultados preliminares. En Actas Jornadas Argentinas de Mastozoología. https://www.sarem.org.ar/wp-content/uploads/2021/04/SAREM_Resumenes-e-JAM.21_2021.pdf
- Darget, A., Ávalos, A., Fredes, J., Pedreira, P., Lorenzi, L., Gozzi, C., Jiménez, E., Doyle, S. R., Sobero y Rojo, M. P. y Benítez, V. V. (2022). Manejo de la ardilla invasora *Callosciurus erythraeus*: remoción completa y monitoreo en el foco principal de invasión (Luján, provincia de Buenos Aires). En Actas Jornadas Argentinas de Mastozoología. Iguazú, Misiones, Argentina.
- Duboscq-Carra, V. G., Fernandez, R. D., Haubrock, P. J., Dimarco, R. D., Angulo, E., Ballesteros-Mejía, L., Diagne, C., Courchamp, F. y Núñez, M. A. (2021). Economic impact of invasive alien species in Argentina: a first national synthesis. En R. D. Zenni, S. McDermott, E. García-Berthou y F. Essl (Eds.), *The economic costs of biological invasions around the world*. *NeoBiota*, 67, 329–348.
- Espelta, J. M., Bonal, R., y Sánchez-Humanes, B. (2009). Pre-dispersal acorn predation in mixed oak forests: interspecific differences are driven by the interplay among seed phenology, seed size and predator size. *Journal of Ecology*, 97, 1416–1423.
- Freemark, K. y Rogers, C. (1995). Modification of point counts for surveying cropland birds. En C. J. Ralph, J. R. Sauer y S. Droege (Eds.), *Monitoring bird populations by point counts* (pp. 74–80). USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-149.
- Galmarini, M. (2016). Turismo rural y desarrollo económico local: el caso del partido de Lobos, provincia de Buenos Aires. *Revista de Ciencias Sociales*, 8(29), 35–51. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1646>
- González, F. (2011). Métodos para contar aves terrestres. En S. Gallina y C. López (Eds.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 1–32). Universidad Autónoma de Querétaro; Instituto de Ecología.
- Gozzi, A. C. (2015). Estudios parasitológicos y zoonóticos de la ardilla de vientre rojo *Callosciurus erythraeus* introducida en Argentina [Tesis doctoral], Universidad Nacional de Luján. Luján, Argentina.
- Gozzi, A. C., Guichón, M. L., Benítez, V. V., & Lareschi, M. (2013a). Arthropod parasites of the red-bellied squirrel *Callosciurus erythraeus* introduced into Argentina. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(2), 203–208.
- Gozzi, A. C., Guichón, M. L., Benítez, V. V., Romero, G. N., Auteri, C., & Brihuega, B. (2013b). First isolation of *Leptospira interrogans* from the arboreal squirrel *Callosciurus erythraeus* introduced in Argentina. *Wildlife Biology*, 19(4), 483–489.
- Gozzi, A. C., Guichón, M. L., Benítez, V. V., Troyelli, A., & Navone, G. T. (2014). Gastro-intestinal helminths in the red-bellied squirrel introduced in Argentina: Accidental acquisitions and lack of specific parasites. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 25(2), 101–106.
- Guichón, M. L., Benítez, V., Borgnia, M., Gozzi, C., Aprile, G. y Pedreira, P. (2019). *Callosciurus erythraeus*. En SAREM (Ed.), *Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción*. Lista Roja de los mamíferos de Argentina. <http://cma.sarem.org.a>
- Guichón, M. L., Borgnia, M., Gozzi, A. C., & Benítez, V. V. (2020). Invasion pathways and lag times in the spread of *Callosciurus erythraeus* introduced into Argentina. *Journal for Nature Conservation*, 58, Artículo 125899. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125899>
- Guichón, M. L., Borgnia, M., Benítez, V. V., & Gozzi, A. C. (2023). Charisma as a key attribute for the expansion and protection of squirrels introduced in Argentina. En *Introduced invasive mammals of Argentina* (pp. 53–73). SAREM Series A Mammalogical Research.
- Hertzriken, M. (2021). Ocurrencia y abundancia relativa de la ardilla de vientre rojo (*Callosciurus erythraeus*) en diferentes tipos de ambientes dentro del principal foco de invasión en Argentina [Tesis de grado], Universidad Nacional de Luján. Luján, Argentina.
- Hori, M., Yamada, M., & Tsunoda, N. (2006). Line census and gnawing damage of introduced Formosan squirrels (*Callosciurus erythraeus taiwanensis*) in urban forests of Kamakura, Kanagawa, Japan. En F. Koike, M. N.

- Clout, M. Kawamichi, M. de Poorter & K. Iwatsuki (Eds.), *Assessment and control of biological invasion risks* (pp. 204–209). Shoukadoh Book Sellers; IUCN.
- Huggins, J. G. (1995). Blue jay and fox squirrel damage preference among pecan trees. *Crop Protection*, 14(7), 585–587.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2021). Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados definitivos. INDEC. <https://cna2018.indec.gob.ar/resultados-definitivos.html>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2021). Proyecto PROPECAN. https://www.infoleg.gob.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno22-12-2008-3.htm
- Jaksic, F. M., Iriarte, J. A., Jiménez, J. E. y Martínez, D. R. (2002). Invaders without frontiers: Cross-border invasions of exotic mammals. *Biological Invasions*, 4, 157–173.
- Jiménez, J. y Carbajal, L. (2017). La cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) en el Colegio de Postgraduados: ¿una especie invasiva? *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 18(1), 38–52.
- Lanzelotti, S. (2013). Conflicto ecológico-distributivo en torno a los usos del suelo: criterios de valoración de tierras. *Investigium Ire: Ciencias Sociales y Humanas*, 5(1), 96–112.
- Linz, G. M., Homan, H. J., Gaulker, S. M., Penry, L. B., & Bleier, W. J. (2007). *European starlings: A review of an invasive species with far-reaching impacts*. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications, 660.
- Linz, G. M., Homan, H. J., Werner, S. J., Hagy, H. M., & Bleier, W. J. (2011). Assessment of bird-management strategies to protect sunflowers. *BioScience*, 61(12), 960–970.
- Lizarralde, M. (2016). Especies exóticas invasoras (EEI) en Argentina: categorización de mamíferos invasores y alternativas de manejo. *Mastozoología Neotropical*, 23(2), 267–277.
- Lorenzi, J. E., Mauer, M., Benítez, V. V., Gozzi, C., Darget, A. I., Penon, E. A. y Pedreira, P. A. (2023). Evaluación del éxito de captura y signos de daños de *Callosciurus erythraeus* (Pallas, 1779) (Rodentia: Sciuridae) en plantaciones de nuez pecán en Buenos Aires, Argentina. En *Actas Jornadas Argentinas de Mastozoología*. Iguazú, Misiones, Argentina.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. (2004). 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), CSE/UICN.
- Mauer, M. (2024). Daño en producciones de pecán (*Carya illinoensis*) causado por la alimentación de *Callosciurus erythraeus* y otros vertebrados en el partido de Mercedes y Lobos (Buenos Aires) [Trabajo Final de Aplicación], Universidad Nacional de Luján. Luján, Argentina.
- Meerburg, B. G., Singleton, G. R., & Kijlstra, A. (2009). Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, 35(3), 221–270.
- Molina, M. y Briceño, J. (2018). Magnitud del daño por ardillas (*Sciurus granatensis*) en función de la longitud, color y madurez de mazorcas de cacao de la Cordillera de Mérida, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 52(2), 89–100.
- Montaldo, N. H. (2015). ¿Qué comen los loros en la Ciudad de Buenos Aires? *Revista Aves Argentinas, Naturaleza y Conservación*, 42, 22–23.
- Navarro, J. L., Rosati, V. R. y Fraire, E. C. (1997). Incidencia de vizcachas (*Lagostomus maximus*) en un cultivo de soja. *Mastozoología Neotropical*, 4(2), 137–144.
- Novillo, A., & Ojeda, R. A. (2008). The exotic mammals of Argentina. *Biological Invasions*, 10, 1333–1344.
- Ojeda, R. A. (2016). Mamíferos exóticos invasores de Argentina: qué y cuánto sabemos sobre su ecología, impacto y manejo. *Mastozoología Neotropical*, 23(2), 217–220.
- Pedreira, P. A. (2021). Evaluación del impacto por descortezamiento ocasionado por la ardilla de vientre rojo, *Callosciurus erythraeus*, sobre sistemas arbóreos en el partido de Luján y alrededores [Tesis doctoral], Universidad Nacional de Luján, Argentina.
- Pedreira, P. A., Penon, E., & Borgnia, M. (2017). Bark stripping caused by the introduced squirrel *Callosciurus erythraeus* (Sciuridae) in Argentina. *Bosque*, 38(2), 415–420.
- Pedreira, P. A., Penon, E., & Borgnia, M. (2020). Debarking damage by alien Pallas's squirrel, *Callosciurus erythraeus*, in Argentina and its effects on tree growth. *Southern Forests: Journal of Forest Science*, 82(2), 118–124.
- Pedreira, P. A., Penon, E. A., Gozzi, A. C., Penon-Sobero, N., & Borgnia, M. (2023). Damage to the wood of forest species caused by the debarking of Pallas's squirrel introduced into Argentina. *Forest Systems*, 32(2), e012. <https://doi.org/10.5424/fs/2023322-20098>
- Postigo, J. L., Carrillo-Ortiz, J., Domènech, J., Tomàs, X., Arroyo, L., & Senar, J. C. (2021). Dietary plasticity in an invasive species and implications for management: the case of the monk parakeet in a Mediterranean city. *Animal Biodiversity and Conservation*, 44(2), 185–194.
- Ralph, C., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F. y Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Manual Técnico N° 159. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

- Ramírez-Pulido, J. y López-Forment Conradt, W. (1976). Daños de la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaster*) en los cocoteros de la costa grande de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 47(1), 67–73.
- Rendel, C. (1990). Estimación de daños causados por la vizcacha (*Lagostomus maximus*) en la provincia de Córdoba. *Revista Argentina de Producción Animal*, 10(1), 63–70.
- Schulz, G. y Tenti Vuegen, L. M. (Comps.). (2025). Cartas de suelos de la Provincia de Buenos Aires: Escala 1:50.000. Versión 2.0 [Mapa]. Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <http://hdl.handle.net/20.500.12123/24564>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGyPA). (2020). Sector pecanero argentino. Ministerio de Agroindustria, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Shepherd, J. D., & Ditgen, R. S. (2012). Rodent handling of *Araucaria araucana* seeds. *Austral Ecology*, 38(1), 23–32.
- Sistema Nacional de Información sobre Especies Exóticas Invasoras (SNIEEI). (2023). Base de datos nacional de especies exóticas invasoras. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.
- SPSS Inc. (2006). SPSS (Versión 15.0) [Software de computación]. SPSS Inc.
- Sutherland, W. J. (2006). *Ecological census techniques: A handbook*. Cambridge University Press.
- Torres, D. F., Oliveira, E. S., & Alves, R. R. N. (2018). Conflicts between humans and terrestrial vertebrates: A global review. *Tropical Conservation Science*, 11, 1–15. <https://doi.org/10.1177/1940082918794084>
- Tracey, J., Bomford, M., Hart, Q., Saunders, G. y Sinclair, R. (2007). Managing bird damage to fruit and other horticultural crops. Bureau of Rural Sciences.
- Trabichet, F. C. (2023). Determinación de la aptitud para la producción de nogal pecán en la provincia de Catamarca utilizando sistemas de información geográfica [Tesis doctoral], Universidad Nacional del Litoral, Argentina. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/7323>
- Vega, A., Norrmann, G. y Batista, V. (2016). Cultivo de pecán: adaptaciones y manejo agronómico. Universidad Nacional del Nordeste.
- Zarco, A., Benítez, V. V., Fasola, L., Funes, G., & Guichon, M. L. (2018). Feeding habits of the Asiatic red-bellied squirrel *Callosciurus erythraeus* introduced in Argentina. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 29(2), 223–228.