









Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2022; 12:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.4>  
Nota de pesquisa. Recebido:30/06/2021. Aceito:09/01/2022. Publicado:08/03/2022. Chave: e2021-45.  
<https://www.youtube.com/watch?v=dZJVUGPATc8>

## Prevalência e parasitemia sanguínea de rolas de colar (*Streptopelia decaocto*) e rolas carpideiras (*Zenaida macroura*) em Durango, México

Prevalence and blood parasitemia of Eurasian Collared Dove (*Streptopelia decaocto*) and Mourning Dove (*Zenaida macroura*) in Durango, Mexico

Salazar-Borunda Manuel<sup>\*1</sup>  ID, Martínez-Guerrero José<sup>1</sup>  ID, Martínez-Montoya Juan<sup>2</sup>  ID, Vargas-Duarte Andrea<sup>1</sup>  ID, Sierra-Franco Daniel<sup>1</sup>  ID, Pereda-Solís Martín<sup>\*\*1</sup>  ID

<sup>1</sup>Cuerpo académico de fauna silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Km. 11.5 Carretera Durango-Mezquital, Durango, Durango, México. CP. 34197. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México, C. P. 78620. \*Autor responsável: Salazar-Borunda Manuel. \*\*Autor para correspondência: Pereda-Solís Martín. E-mail: borunda@ujed.mx, che\_hugo1@hotmail.com, fmontoya@colpos.mx, andrea.vargas@ujed.mx, d\_sierra@ujed.mx, mepered@ujed.mx.

### Resumo

O parasitismo do sangue nas aves no México é um fenómeno pouco estudado e a sua ocorrência em muitas espécies de aves é desconhecida. Neste estudo, comparámos a prevalência e parasitemia da hemosporidia nas épocas de reprodução (húmida) e não reprodutiva (seca) de rolas de colar (*Streptopelia decaocto*) e rolas carpideiras (*Zenaida macroura*) no norte de México. Foi analisado o sangue de 40 aves de cada espécie, recolhido entre 2013 e 2014. O diagnóstico de hemoparasitas foi realizado utilizando técnicas de microscopia e reacção em cadeia da polimerase (PCR). A prevalência de hemoparasitas foi de 87,5 % (95% IC=78,3-93,3). A parasitemia média foi de 7,03 (95 % IC= 5,68-9,04) hemoparasitas por 10.000 eritrócitos infectados. A prevalência e parasitemia eram mais elevadas para *Haemoproteus* sp do que para *Plasmodium* sp. e microfilariase. As taxas de prevalência não variaram entre espécies de aves, nem entre estações do ano. No entanto, a sazonalidade parece ser um factor importante na parasitemia. A espécie com maiores taxas de parasitemia era a *Z. macroura*. São necessários mais estudos para compreender os mecanismos que associam a parasitemia nesta espécie com outras espécies columbiformes.

**Palavras-chave:** *Streptopelia decaocto*, *Zenaida macroura*, variação sazonal, *Haemoproteus*, *Plasmodium*.

### Abstract

Blood parasitism in Mexican birds is an impoverished-studied phenomenon, and its presence in many species of birds is unknown. In this study, the prevalence and parasitaemia of hemosporidia were compared in the breeding (wet) and non-breeding (dry) seasons in the Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*) and Mourning dove (*Zenaida macroura*) in northern Mexico. The blood of 40 birds of each species collected between 2013 and 2014, was analyzed. The diagnosis of hemoparasites was made by microscopy and Polymerase Chain Reaction (PCR) techniques. The prevalence of hemoparasites was 87.5% (CI 95% = 78.3–93.3). The mean parasitaemia was 7.03 (CI 95% = 5.68–9.04) hemoparasites per 10,000 infected erythrocytes. The prevalence and parasitaemia were higher for *Haemoproteus* sp. than for *Plasmodium* sp and microfilariae. The prevalence rates did not vary between bird species, nor between times of the year. However, seasonality seems to be an important factor in parasitaemia. The species that obtained the highest rates of parasitaemia was *Z. macroura*. More studies are needed to understand the mechanisms that associate parasitaemia in this species with respect to other columbiform species.

**Keywords:** *Streptopelia decaocto*, *Zenaida macroura*, seasonal variation, *Haemoproteus*, *Plasmodium*.



## INTRODUÇÃO

As espécies alienígenas ameaçam a estrutura, função e integridade dos ecossistemas (Ferreira *et al.*, 2021), contribuem para a extinção de algumas espécies (Rocha *et al.*, 2021) e introduzem agentes infecciosos no ambiente colonizado (Hernandez-Colina *et al.*, 2021). A rola de colar (STRDEC, *Streptopelia decaocto*) é uma espécie invasora com ampla distribuição na América do Norte (eBird, 2021). É uma ave relativamente grande (Salazar-Borunda *et al.*, 2019), que compete por alimentos e locais de nidificação com avifauna local (El-Mansi *et al.*, 2021; Koenig, 2020) ou pode transmitir doenças ao ambiente colonizado (Stilmelmayer *et al.*, 2012). No México, rolas carpideiras (ZENMAC, *Zenaida macroura*) partilha o habitat com *S. decaocto* (Otis *et al.*, 2020) e representa uma espécie modelo para estudar os efeitos das espécies exóticas sobre a avifauna mexicana.

Embora a introdução de doenças exóticas seja um fenómeno complexo e possam estar envolvidos múltiplos agentes etiológicos (Hawkins, 2021; Martínez-Pérez *et al.*, 2021), os hemoparasitas têm sido amplamente distribuídos entre as aves (White *et al.*, 1978; Starkloff *et al.*, 2021). Este grupo de microrganismos é transmitido por insectos dípteros como mosquitos, hipobossidos e simulóides e inclui os géneros *Haemoproteus*, *Plasmodium*, *Leucocytozoon*, *Falissia*, *Garnia* (Valkiūnas & Iezhova, 2018), *Trypanosoma* (Ham-Dueñas *et al.*, 2017) e microfírias (Noden *et al.*, 2021).

Ao infectar aves, os hemoparasitas podem causar sinais clínicos agudos ou crónicos. Na apresentação aguda, o hospedeiro desenvolve uma parasitemia elevada associada a fenómenos sistémicos gerados por formas exoeritrocíticas e intraeritrocíticas (microgametocitos, macrogametocitos e merontes). A fase crónica, por outro lado, ocorre dias ou semanas após a infecção, quando as aves infectadas sofrem de baixa parasitemia e impactos clínicos ligeiros que podem durar anos com recaídas sazonais (Valkiūnas & Iezhova, 2017). Embora comuns em populações de aves (Palinauskas *et al.*, 2011) são por vezes fatais (Cardona *et al.*, 2002; Yoshimoto *et al.*, 2021), especialmente quando são introduzidas (Warner, 1968).

Em termos de prevalência, os hemoparasitas variam entre regiões ecológicas (Loiseau *et al.*, 2012), estações do ano (DeBrock *et al.*, 2021) ou em função da resposta dos vectores às flutuações climáticas (Wood *et al.*, 2007). O conhecimento da prevalência hemopársica de uma espécie exótica e de uma espécie nativa enriquecerá o conhecimento biológico desta interacção ecológica. Portanto, o objectivo deste estudo era determinar e comparar a prevalência de hemoparasitas entre as pombas de peru e as pombas de colarinho no município de Durango, México, durante duas estações do ano.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde às localidades de "José Refugio Salcido" (23,97 N, -104,51 W), "Praxedis Guerrero Nuevo" (23,94 N; -104,56 W) e "La Purísima" (23,96 N; -104,57 W) do município de Durango, México. Foram recolhidas amostras de sangue (500 µl) da STRDEC (n= 40) e ZENMAC (n= 40), durante as épocas de



reprodução (primavera-verão, 2014) e não reprodução (outono-inverno, 2013) sob licença de recolha científica SGPA/DGVS/12294/13.

### **Recolha de sangue**

Foram colhidos dois esfregaços de sangue de cada ave e secos à temperatura ambiente (2 min) e fixados com 100% de metanol (3 min). Uma vez secos, foram embrulhados em papel para evitar o contacto directo entre eles, e depois manchados com uma solução Giemsa (pH 7,0-7,2 a 18-20 °C durante 1 h; [Santiago-Alarcón & Carbó-Ramírez, 2015](#)). Do sangue recolhido, 100 µl foi colocado num tubo Eppendorf estéril com solução tampão (100 mM Tris HCl, pH 8,0, 100 mM EDTA, 10 mM NaCl, 0,5 % SDS; [Longmire et al., 1988](#)) para o manter congelado (- 20 °C) até à análise molecular.

### **Análise molecular**

A presença e ausência de hemoparasitas foi determinada pela reacção em cadeia da polimerase (PCR) visando uma região de 479 pares de base do gene do citocromo b ([Hellgren et al., 2004](#)). A extracção de ADN foi realizada seguindo o protocolo DNeasy Blood & Tissue® ([Quiagen, 2021](#)). A PCR foi realizada com 100 ng de GA, 10 mM Tris-HCl (pH 8,3), 50 mM KCl, 3,0 mM MgCl, 0,4 mM deoxinucleótido trifosfato, 5 µl tampão Q e 0,5 µl Taq. A amplificação foi realizada a partir dos oligonucleótidos HaemNFI-HaemNR3 ([Hellgren et al., 2004](#)) e HaemF-HaemR2 ([Bensch et al., 2000](#)). Os produtos dessa reacção foram depositados numa câmara de electroforese (25 mA, 25 min) juntamente com 0,01 µg/µL TrackIt™ e SYBR® para observação numa câmara de fotodocumentação por luz ultravioleta (ImageQuant LAS 4000, 6 s de exposição).

### **Análise microscópica**

Para confirmar a presença ou ausência de estruturas parasitárias, os esfregaços de sangue foram examinados a seco (40 x, 30 min) e húmidos (100 x, 30 min) durante pelo menos 100 campos, utilizando um microscópio de luz binocular (Carl Zeiss®, modelo Primo Star). A identificação do parasita, limitada ao nível do género, foi realizada seguindo os critérios de Valkiūnas e Iezhova ([2018](#)). A prevalência de hemoparasitas foi estimada pela proporção de aves infectadas em relação ao número total de indivíduos amostrados.

Para determinar a parasitemia hemoparasitária, foram contados os elementos parasitas observados através da contagem de 10 000 glóbulos vermelhos hospedeiros ([Godfrey et al., 1987](#)).

### **Análise estatística**

Prevalência, parasitemia média e respectivos intervalos de confiança de 95% foram calculados com Parasitologia Quantitativa QPweb ([Reiczigel et al., 2020](#)). A estimativa da prevalência, tal como para a parasitemia, baseou-se em 5 000 réplicas de bootstrap, com o método Sterne para dados de prevalência binomial ([Rózsa et al., 2000](#); [Ham-Dueñas et al., 2017](#); [Reiczigel et al., 2019](#)). Os índices de prevalência e



parasitemia foram comparados entre os gêneros parasitas (*Haemoproteus* sp. vs. *Plasmodium* sp.). A prevalência foi analisada por análise qui-quadrada e parasitemia com um modelo linear generalizado (GLM), utilizando a distribuição binomial negativa. O efeito da época do ano e das espécies foi avaliado por modelos lineares mistos generalizados (GLMM, Paterson & Lello, 2003), utilizando a regressão logística para a prevalência das hemosporídias e a distribuição binomial negativa para a parasitemia. Estas análises foram implementadas utilizando o pacote "MASS" (Venables & Ripley, 2002) na versão R 4.0.5 (R Core Team, 2021).

## RESULTADOS

Das rolas 80 testadas para hemoparasitas com PCR, 70 foram infectadas (87,5%, 95% IC = 78,3-93,3). As taxas de prevalência variaram de 80 a 100% e o gene parasita foi amplificado a uma taxa mais elevada durante a época de não reprodução (Tabela 1).

**Tabela 1. Percentagem de aves infectadas com hemoparasitas, diagnosticadas morfológicamente e por amplificação do gene do citocromo mitocondrial parasítico B em Durango, México**

Espécie	Diagnóstico morfológico	
	Reprodutivo *	No reprodutivo**
ZENMAC	14 <sub>n</sub> , 70 % P, 47.5–86.0 <sub>IC</sub>	19 <sub>n</sub> , 95 % P, 75.6–99.7 <sub>IC</sub>
STRDEC	13 <sub>n</sub> , 65 % P, 42.4–83.3 <sub>IC</sub>	14 <sub>n</sub> , 70 % P, 47.5–86.0 <sub>IC</sub>

Espécie	Diagnóstico molecular	
	Reprodutivo *	No Reprodutivo **
ZENMAC	17 <sub>n</sub> , 85 % P, 62.8–95.8 <sub>IC</sub>	20 <sub>n</sub> , 100 % P, 83.3–100 <sub>IC</sub>
STRDEC	16 <sub>n</sub> , 80 % P, 57.6–92.9 <sub>IC</sub>	17 <sub>n</sub> , 85% P, 62.8–95.8 <sub>IC</sub>

ZENMAC *Zenaida macroura*, STRDEC *Streptopelia decaocto*, n Número de aves infectadas, P Prevalência, intervalo de confiança 95% IC, \*Primavera/Verão 2014, \*\*Outono/Inverno 2013

Embora a maioria das infecções fossem diagnosticadas por ambos os métodos, a análise microscópica reflectia prevalências mais baixas. A maioria das amostras positivas tinha infecções hemorroidárias únicas. No entanto, uma ave de cada espécie mostrou co-infecção entre *Haemoproteus* sp. e microfilariose.

A prevalência de hemoparasitas detectadas por microscopia ligeira foi de 75,0 % (60 aves, 95% IC = 64,4-83,4) e identificadas em média 7,03 (95% IC = 5,68-9,04) hemoparasitas por 10.000 eritrócitos infectados. A prevalência percentual e a parasitemia média para cada espécie, taxa de hemoparasitas e estação do ano são mostradas na Tabela 2.

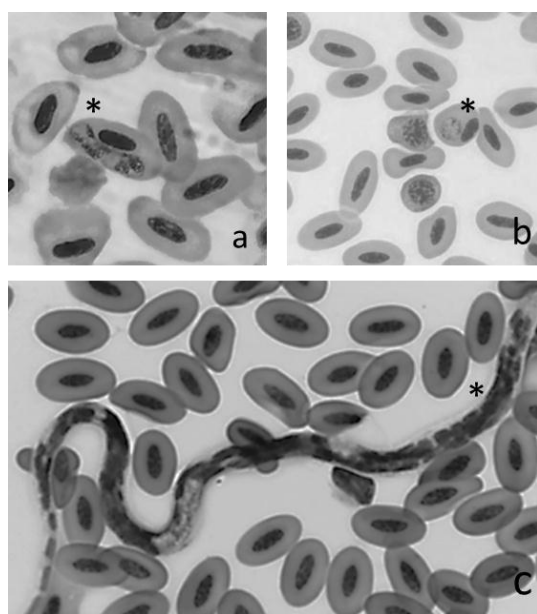
As estruturas parasitárias foram identificadas em diferentes fases evolutivas. Foram detectados macro e microgametocitos para *Haemoproteus* sp., merontes para *Plasmodium* sp. e fases larvares de filariose (Figura 1). As infecções por *Haemoproteus* sp. eram superiores às infecções por *Plasmodium* sp. (prevalência:  $\chi^2 = 1,14$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,02$ , parasitemia:  $F = 508,80$ ,  $P = 0,001$ ).



**Tabela 2. Prevalência percentual de hemoparasitas e parasitemia média em *Streptopelia decaocto* e *Zenaida macroura* durante a época de reprodução e não reprodução em Durango, México**

Grupo	Aves infectadas	n	Prevalência % (IC 95%)	Parasitemia <sup>1</sup> média (IC 95%)
STRDEC	27	40	67.5 (51.3–80.2)	4.0 (3.1–5.2)
ZENMAC	33	40	82.5 (67.7–91.6)	9.4 (7.4–12.8)
<i>Haemoproteus</i> sp.	55	80	68.8 (57.5–78.3)	6.3 (5.0–8.17)
<i>Plasmodium</i> sp.	17	80	21.2 (13.6–31.8)	2.6 (1.9–3.4)
Microfilarias	4	80	5.0 (1.7–12.3)	3.0 (1.0–4.7)
Reprodutiva*	27	40	67.5 (51.3–80.2)	5.15 (3.8–7.4)
No reprodutiva**	33	40	82.5 (67.7–91.6)	8.58 (6.67–11.9)

<sup>1</sup>Número de elementos parasitas em 10 000 glóbulos vermelhos quantificados, n Total de amostras, intervalo de confiança 95% IC, STRDEC rola de colar, ZENMAC rola carpideira, \*Primavera-Verão 2014, \*\*Outono/Inverno 2013



**Figura 1. Fotomicrografias de esfregaços de sangue de aves columbigas naturalmente parasitadas por hemoparasitas (\*). a. *Haemoproteus* sp., b. *Plasmodium*, e c. *Microfilarias* (c); Giemsa, 100 x**

Os modelos lineares mistos generalizados revelaram que a parasitemia variava entre espécies e época do ano ( $F= 337,8$ ,  $P= 0,001$ ). O ajuste do GLMM que explica a parasitemia foi moderado ( $R^2 = 0,89$ ). A parasitemia foi mais elevada durante a época não reprodutiva, especialmente em ZENMAC (Tabela 2). Finalmente, o efeito das espécies ( $P= 0,18$ ) e da estação ( $P= 0,50$ ) sobre as taxas de prevalência não foi significativo.





## DISCUSSÃO

A hipótese de que as taxas de prevalência diferem significativamente entre espécies de aves e entre estações não foi apoiada pelos dados. Isto significa que o fenômeno do parasitismo é comum a ambas as espécies de aves.

O valor de prevalência registado é superior a alguns valores registados no México (Reinoso-Pérez *et al.*, 2016; Ham-Dueñas *et al.*, 2017; Villalva-Pasillas *et al.*, 2020). No entanto, estes resultados não devem ser surpreendentes porque a resposta ao parasitismo sanguíneo depende de factores associados à sazonalidade, imunologia ou comportamento do hospedeiro, como relatado em estudos semelhantes em passeriformes (Lee *et al.*, 2006; Dubiec *et al.*, 2016) e columbiformes (Schumm *et al.*, 2021).

A influência de tais variáveis nos parasitas sanguíneos é monitorizada em estudos a longo prazo, e geralmente não reflecte diferenças significativas entre prevalências ao longo de vários anos (Bensch *et al.*, 2007; Dubiec *et al.*, 2016). Neste sentido, embora os padrões observados neste estudo possam ser considerados fiáveis, devem ser monitorizados na mesma região ao longo do tempo.

Por outro lado, os resultados deste estudo apoiam a hipótese de que a parasitemia varia entre espécies e períodos de tempo. As razões pelas quais o número de hemoparasitas foi significativamente maior em ZENMAC podem estar associadas a diferenças na distribuição das duas aves ou a características dos próprios vectores e parasitas (Reinoso-Pérez *et al.*, 2016). Fokis *et al.* (2008) relataram uma menor incidência de hemoparasitas em aves urbanas e, embora ambas as espécies partilhem o habitat (Green *et al.*, 2020), os ZENMAC capturados para este estudo foram distribuídos em áreas mais abertas, com corpos de água adjacentes, provavelmente com mais vectores (Lega *et al.*, 2017; Lynton-Jenkins *et al.*, 2020) e com uma maior probabilidade de contágio (Hellard *et al.*, 2016). A influência da estação (reprodução) na parasitemia poderia ser considerada normal, coincidindo com a estação de reprodução vectorial (Inumaru *et al.*, 2021) e eventos hormonais relevantes para a resolução da parasitemia pelo hospedeiro aviário (Deviche & Parris, 2006).

Embora possam existir diferenças regionais, *Haemoproteus* é o género hemoparasitário mais comum nas aves, seguido de *Plasmodium* e *Leucocytozoon* (Carlson *et al.*, 2013; Heym *et al.*, 2019). Este padrão foi observado neste estudo com excepção do género *Leucocytozoon*, cuja ausência poderia ser associada às características altitudinais e climáticas do local do estudo que restringem a abundância de mosquitos e o desenvolvimento de parasitas nestes vectores (Borji *et al.*, 2011; Nath *et al.*, 2014). Os resultados traduzem-se no site do estudo com um número suficiente de vectores capazes de transmitir hemoparasitas em ambas as espécies de aves (Valkiūnas & Iezhova, 2018; Inumaru *et al.*, 2021).

O trabalho de análise da parasitemia é limitado (Huang *et al.*, 2020) e associa este parâmetro com os danos gerados pelo parasita ao hospedeiro (Knowles *et al.*, 2010; Muriel, 2020). Tanto quanto sabemos, não há nenhum estudo que examine a parasitemia sanguínea nas espécies amostradas neste estudo. No entanto, as taxas



de parasitemia quantificadas foram inferiores às comunicadas em columbiformes da África do Sul (Nebel *et al.*, 2020), Ilhas Canárias (Foronda *et al.*, 2004) e Índia (Gupta *et al.*, 2011), cujos efeitos adversos nos hospedeiros dependiam de factores como a imunidade das aves ou a disponibilidade alimentar (Chagas *et al.*, 2016). Deve também considerar-se que, em circunstâncias normais, os géneros *Haemoproteus* e *Plasmodium* só causam problemas de saúde quando o hospedeiro sofre eventos de stress, imunossupressão (Valkiūnas & lezhova, 2017) ou quando são introduzidos em comunidades não nativas (Yoshimoto *et al.*, 2021), pelo que estes fenómenos devem ser descartados nestas espécies.

No México, os estudos que relatam microfilariedades em aves são escassos e o seu impacto no hospedeiro não é considerado grave (Yanga *et al.*, 2011). Embora tenha sido o parasita menos observado, as prevalências calculadas excedem as relatadas por estudos semelhantes no México (Clark & Swinehart, 1969; Villalva-Pasillas *et al.*, 2020). Contudo, o desenvolvimento futuro dos hemoparasitas deve ser monitorizado e os possíveis efeitos nas comunidades columbiformes devem ser determinados, especialmente no cenário de mudança global, uma vez que o aumento das temperaturas e as alterações antropogénicas no uso do solo poderiam proporcionar novas oportunidades para a transmissão destes microrganismos às comunidades aviárias.

É de notar que neste estudo utilizámos duas análises (molecular e microscópica) para avaliar a prevalência de hemoparasitas com a maior precisão possível. Estas duas abordagens levaram a discrepâncias entre as análises, determinando uma menor prevalência na contagem de esfregaços de sangue. Este evento é consistente com estudos anteriores em columbiformes, onde as prevalências da análise microscópica e molecular eram diferentes (Dunn *et al.*, 2017; Tavassoli *et al.*, 2018).

As aves cujo sangue tinha uma ausência de estruturas parasitárias, mas eram PCR-positivas, poderiam sofrer de uma ligeira parasitemia com poucos gametócitos, esporozoítos ou restos de parasitas que interromperam o seu desenvolvimento (Valkiūnas & lezhova, 2017). O método molecular, por outro lado, baseou-se na detecção do gene parasita, mas não revela se os parasitas tiveram ou irão evoluir para uma infecção bem sucedida (Chagas *et al.*, 2016; Valkiūnas & lezhova, 2017).

## CONCLUSÃO

O parasitismo sanguíneo foi observado em aves de ambas as espécies, principalmente pelo género *Haemoproteus* spp. A parasitemia foi mais elevada em *Z. macroura* durante a época de reprodução e, portanto, a sazonalidade deveria ser uma variável importante a considerar nos estudos envolvendo parasitismo nesta espécie. Este estudo contribui para a compreensão da diversidade de hemoparasitas que infectam aves selvagens da ordem de Columbiformes em Durango, México. Embora não tenhamos sido capazes de determinar a causa das diferenças na parasitemia calculada, este estudo fornece informação de base para monitorizar as populações de aves nos locais de estudo ou possíveis alterações futuras nas gamas e diversidade de parasitas.



## AGRADECIMENTOS

À Universidade Juárez do Estado de Durango e à Universidade Autónoma de Nuevo León pelo seu apoio a este trabalho. Aos revisores cujos comentários enriqueceram substancialmente este trabalho.

## LITERATURA CITADA

BENSCH S, Stjernman M, Hasselquist D, Örjan Ö, Hansson B, Westerdahl H, Torres-Pinheiro R. 2000. Host specificity in avian blood parasites: a study of *Plasmodium* and *Haemoproteus* mitochondrial DNA amplified from birds. *Proceedings of the Royal Society*. 267(1452):1583–1589. ISSN: 0370-1662.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1181>

BENSCH S, Waldenström J, Jonzen N, Westerdahl H, Hansson B, Sejberg D, Hasselquist D. 2007. Temporal dynamics and diversity of avian malaria parasites in a single host species. *Journal of Animal Ecology*. 76(1):112–122. ISSN: 1365-2656.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01176.x>

BORJI H, Moghaddas E, Razmi G, Heidarpour M, Mohri M, Azad M. 2011. Prevalence of pigeon haemosporidians and effect of infection on biochemical factors in Iran. *Journal of Parasitic Diseases*. 35: 199-201. ISSN: 0971-7196.

<https://doi.org/10.1007/s12639-011-0056-1>

CARDONA CJ, Ihejirika A, McClellan L. 2002. *Haemoproteus lophortyx* infection in bobwhite quail. *Avian Disease*. 46(1):249–255. ISSN: 1090-2449.

[https://doi.org/10.1637/0005-2086\(2002\)046\[0249:hliibq\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1637/0005-2086(2002)046[0249:hliibq]2.0.co;2)

CARLSON J, Martínez-Gómez JE, Valkiūnas G, Loiseau C, Bell DA, Sehgal RN. 2013. Diversity and phylogenetic relationships of hemosporidian parasites in birds of Socorro Island, México and their role in the re-introduction of the Socorro Dove (*Zenaida graysoni*). *Journal of Parasitology*. 99(2):270–276. ISSN: 0022-3395.

<https://doi.org/10.1645/GE-3206.1>

CHAGAS CRF, de Oliveira-Guimarães L, Monteiro EF, Valkiūnas G, Katayama MV, Santos SV, Guida FJV, Simões RF, Kirchgatter K. 2016. Hemosporidian parasites of free-living birds in the São Paulo Zoo, Brazil. *Parasitology Research*. 115:1443–1452. ISSN: 1432-1955.

<https://doi.org/10.1007/s00436-015-4878-0>

CLARK, GW, Swinehart, B. 1969. Avian haematozoa from the offshore islands of northern Mexico. *Bulletin of the Wildlife Disease Association*. 5(2):111-112. ISSN: 0098373x.

<https://bioone.org/journalArticle/Download?fullDOI=10.7589/0090-3558-5.2.111>





DEBROCK S, Cohen E, Balasubramanian S, Marra PP, Hamer SA. 2021. Characterization of the *Plasmodium* and *Haemoproteus* parasite community in temperate-tropical birds during spring migration. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 15:12–21. ISSN: 22132244.

<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2021.03.013>

DEVICHE P., Parris J. 2006. Testosterone Treatment to Free-Ranging Male Dark-Eyed Juncos (*Junco Hyemalis*) Exacerbates Hemoparasitic Infection. *The Auk*. 123(2):548–562. ISSN: 2732-4613. <https://doi.org/10.1093/auk/123.2.548>

DUBIEC A, Podmoka E, Zagalska-Neubauer M, Drobniak SM, Arct A, Gustafsson L, Cichoń M. 2016. Differential prevalence and diversity of haemosporidian parasites in two sympatric closely related non-migratory passerines. *Parasitology*. 143:1320–1329. ISSN: 0031-1820. <https://doi.org/10.1017/S0031182016000779>

DUNN JC, Stockdale JE, Bradford EL, McCubbin A, Morris AJ, Grice PV, Goodman SJ, Hamer KC. 2017. High rates of infection by blood parasites during the nestling phase in UK Columbids with notes on ecological associations. *Parasitology*. 144(5):622–628. ISSN: 0031-1820. <https://doi.org/10.1017/S0031182016002274>

EBIRD. 2021. eBird: An online database of bird distribution and abundance. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <http://www.ebird.org>

EL-MANSI AA, El-Bealy EA, Rady A M, Abumandour M A, El-Badry DA. 2021. Macro- and microstructures of the digestive tract in the Eurasian collared dove, *Streptopelia decaocto* (Frivaldszky 1838): Adaptive interplay between structure and dietary niche. *Microscopy Research and Technique*. ISSN: 1097-0029. <https://doi.org/10.1002/jemt.23843>

FERREIRA L, Silva-Torres C, Torres J, Venette R. 2021. Potential displacement of the native *Tenuisvalvae notata* by the invasive *Cryptolaemus montrouzieri* in South America suggested by differences in climate suitability. *Bulletin of Entomological Research*. 1–11. ISSN: 1475-2670. <https://doi.org/10.1017/S000748532100033X>

FOKIDIS HB, Greiner EC, Deviche P. 2008. Interspecific variation in avian blood parasites and haematology associated with urbanization in a desert habitat. *Journal of Avian Biology*. 39:300–310. ISSN: 1600-048X. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2008.04248.x>



- FORONDA P, Valladares B, Rivera-Medina JA, Figueruelo E, Abreu N, Casanova JC. 2004. Parasites of *Columba livia* (Aves: Columbiformes) in Tenerife (Canary Islands) and their role in the conservation biology of the Laurel pigeons. *Parasite*. 11(3):311–316. ISSN: 1776-1042. <https://doi.org/10.1051/parasite/2004113311>
- GODFREY RD, Fedynich AM, Pence DB. 1987. Quantification of hematozoa in blood smears. *Journal of Wildlife Disease*. 23:558–565. ISSN: 0090-3558. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-23.4.558>
- GREEN AW, Sofaer HR, Otis DL, Van Lanen NJ. 2020. Co-Occurrence and Occupancy of Mourning Doves and Eurasian Collared-Doves. *The Journal of Wildlife Management*. 84(4):775-785. ISSN: 1937-2817. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21835>
- GUPTA DK, Jahan N, Gupta N. 2011. New records of *Haemoproteus* and *Plasmodium* (Sporozoa: Haemosporida) of rock pigeon (*Columba livia*) in India. *Journal of Parasitic Diseases*. 35:155–168. ISSN: 0975-0703. <https://doi.org/10.1007/s12639-011-0044-5>
- HAM-DUEÑAS, JG., Chapa-Vargas L, Stracey CM, Huber-Sannwald E. 2017. Haemosporidian prevalence and parasitaemia in the Black-throated sparrow (*Amphispiza bilineata*) in central-Mexican dryland habitats. *Parasitology Research*. 116: 2527–2537. ISSN: 1432-1955. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5562-3>
- HAWKINS S, Garner MM, Hartup BK. 2021. Neoplasia in captive cranes. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 52(2):689–697. ISSN: 1937-2825. <https://doi.org/10.1638/2020-0180>
- HELLARD E, Cumming GS, Caron A, Coe E, Peters JL. 2016. Testing epidemiological functional groups as predictors of avian haemosporidia patterns in southern Africa. *Ecosphere*. 7(4):1–17. ISSN: 2150-8925. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1225>
- HELLGREN O, Waldenstrom J, Bensch S. 2004. A new PCR assay for simultaneous studies of *Leucocytozoon*, *Plasmodium*, and *Haemoproteus* from avian blood. *Journal of Parasitology*. 90(4):797–802. ISSN: 0022-3395. <https://doi.org/10.1645/ge-184r1>
- HERNANDEZ-COLINA A., Gonzalez-Olvera M, Lomax E, Townsend F, Maddox A, Hesson JC, Sherlock K, Ward D, Eckley L, Vercoe M, Lopez J, Baylis M. 2021. Blood-feeding ecology of mosquitoes in two zoological gardens in the United Kingdom. *Parasites Vectors*. 14(249). ISSN: 1756-3305. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04735-0>



HEYM EC, Kampen H, Krone O, Schäfer M, Werner D. 2019. Molecular detection of vector-borne pathogens from mosquitoes collected in two zoological gardens in Germany. *Parasitology Research*. 118(3):2097–2105. ISSN: 1432-1955.

<https://doi.org/10.1007/s00436-019-06327-5>

HUANG X, Huang D, Liang Y, Zhang L, Yang G, Peng Y, Deng W, Dong L. 2020. A new protocol for absolute quantification of haemosporidian parasites in raptors and comparison with current assays. *Parasites Vectors*. 13:354. ISSN: 1756-3305.

<https://doi.org/10.1186/s13071-020-04195-y>

INUMARU M, Yamada A, Shimizu M, Ono A, Horinouchi M, Shimamoto T, Tsuda Y, Murata K, Sato Y. 2021. Vector incrimination and transmission of avian malaria at an aquarium in Japan: mismatch in parasite composition between mosquitoes and penguins. *Malaria Journal*. 20(136). ISSN: 14752875. <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03669-3>

KNOWLES SCL, Palinauskas V, Sheldon BC. 2010. Chronic malaria infections increase family inequalities and reduce parental fitness: experimental evidence from a wild bird population. *Journal of Evolutionary Biology*. 23(3):557–569. ISSN: 1420-9101.

<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01920.x>

KOENIG WD. 2020. What are the competitive effects of invasive species? Forty years of the Eurasian collared-dove in North America. *Biological Invasions*. 22:3645–3652. ISSN: 1573-1464. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02350-1>

LEE KA, Martin LB, Hasselquist D, Ricklefs RE, Wikelski M. 2006. Contrasting adaptive immune defenses and blood parasite prevalence in closely related Passer sparrows. *Oecologia*. 150:383–392. ISSN: 1432-1939. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0537-6>

LEGA J, Brown HE, Barrera R. 2017. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching. *Journal of medical entomology*. ISSN: 00222585. 54(5):1375-1384.

<https://doi.org/10.1093/jme/tjx077>

LOISEAU C, Harrigan RJ, Cornel AJ, Guers SL, Dodge M, Marzec T, Carlson JS, Seppi B, Ravinder NM. 2012. First Evidence and Predictions of *Plasmodium* Transmission in Alaskan Bird Populations. *Plos One*. ISSN: 1932-6203.

<https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0044729>



LONGMIRE JL, Lewis AK, Brown NC, Buckingham JM, Clark LM, Jones MD, Meincke LJ, Meyne J, Ratliff RL, Ray FA, Wagner RP, Moyzis RK. 1988. Isolation and molecular characterization of a highly polymorphic centromeric tandem repeat in the family Falconidae. *Genomics*. 2(1):14–24. ISSN: 0888-7543. [https://doi.org/10.1016/0888-7543\(88\)90104-8](https://doi.org/10.1016/0888-7543(88)90104-8)

LYNTON-JENKINS JG, Bründl AC, Cauchoix M, Lejeune LA, Sallé L, Thiney AC, Russell AF, Chaine AS, Bonneaud C. 2020. Contrasting the seasonal and elevational prevalence of generalist avian haemosporidia in co-occurring host species. *Ecology and evolution*. 10(12):6097–6111. ISSN: 2045-7758. <https://doi.org/10.1002/ece3.6355>

MARTÍNEZ-PÉREZ P, Hyndman TH, Fleming PA, Vaz PK, Ficorilli NP, Wilks CR. 2021. A widespread novel gammaherpesvirus in apparently healthy wild quokkas (*Setonix brachyurus*): a threatened and endemic wallaby of western Australia. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 52(2):592–603. ISSN: 1937-2825. <https://doi.org/10.1638/2020-0029>

MURIEL, J. 2020. Evaluación ecofisiológica de las infecciones por hemosporidios sanguíneos en aves. *Ecosistemas*. 29(2):1979. ISSN: ISSN 1697-2473. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1979>

NATH T, Bhuiyan M, Alam M. 2014. A study on the presence of leucocytozoonosis in pigeon and chicken of hilly districts of Bangladesh. *Biological Sciences and Pharmaceutical Research*. 2(2): 13–18. ISSN: 2350-1588. <https://journalissues.org/ibspr/wp-content/uploads/sites/6/2014/02/Nath-et-al.pdf>

NEBEL C, Harl J, Pajot A, Weissenböck H, Amar A, Sumasgutner P. 2020. High prevalence and genetic diversity of *Haemoproteus columbae* (Haemosporida: Haemoproteidae) in feral pigeons *Columba livia* in Cape Town, South Africa. *Parasitology Research*. 119:447–463. ISSN: 1432-1955. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06558-6>

NODEN, BH, Bradt, DL, Sanders, JD. 2021. Mosquito-borne parasites in the Great Plains: searching for vectors of nematodes and avian malaria parasites. *Acta Tropica*. 213:105735. ISSN:0001-706X. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105735>

OTIS DL, Schulz JH, Miller D, Mirarchi RE, Baskett TS. 2020. Mourning Dove (*Zenaida macroura*), version 1.0. En *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.moudov.01>



PALINAUSKAS V, Valkunias G, Bolshakov CV, Bensch S. 2011. *Plasmodium relictum* (lineage SGS1) and *Plasmodium ashfordi* (lineage GRW2): The effects of the co-infection on experimentally infected passerine birds. *Experimental Parasitology*. 127(2):527–33. ISSN: 00144894. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2010.10.007>

PATERSON S, Lello J .2003. Mixed models: getting the best use of parasitological data. *Trends in Parasitology*. 19:370–375. ISSN: 1471-5007. [https://doi.org/10.1016/s1471-4922\(03\)00149-1](https://doi.org/10.1016/s1471-4922(03)00149-1)

QUIAGEN. 2021. DNeasy Blood & Tissue Kits Handbook. <https://www.qiagen.com/us/resources/resourcedetail?id=68f29296-5a9f-40fa-8b3d-1c148d0b3030&lang=en>

R CORE TEAM (4.0.5). 2021. [Software]. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

REICZIGEL J, Marozzi M, Fábíán I, Rózsa L. 2019. Biostatistics for parasitologists – a primer to Quantitative Parasitology. *Trends in Parasitology*. 35(4)277–281. ISSN: 1471-5007. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003>

REINOSO-PÉREZ MT, Canales-Delgadillo JC, Chapa-Vargas L, Riego-Ruiz L .2016. Haemosporidian parasite prevalence, parasitemia, and diversity in three resident bird species at a shrubland dominated landscape of the Mexican highland plateau. *Parasites Vectors*. 9:307. ISSN: 1756-3305. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1569-3>

ROCHA SL, Guimarães JP, Barbosa De Oliveira, CY, Nader C. 2021. Current status of Brazilian scientific production on non-native species. *Ethology Ecology & Evolution*. ISSN: 0394-9370. <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1870570>

RÓZSA L, Reiczigel J, Majoros G. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*. 86:228–232. ISSN: 0022-3395. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:qpisoh\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:qpisoh]2.0.co;2)

SALAZAR-BORUNDA MA, Martínez-Guerrero JH, Pereda-Solís ME, Delgado-León T, Sierra-Franco D. 2019. Phenotypic variation in eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky) in Durango, Mexico. *AgroProductividad*. 12(10). ISSN: 2594-0252. <http://dx.doi.org/10.32854/agrop.vi0.1461>





SANTIAGO-ALARCÓN D, Carbó-Ramírez P. 2015. Parásitos sanguíneos de malaria y géneros relacionados (Orden: Haemosporida) en aves de México: recomendaciones metodológicas para campo y laboratorio. *Ornitología Neotropical*. 26(1):59–77. ISSN 1075–4377. <https://journals.sfu.ca/ornneo/index.php/ornneo/article/view/13>

SCHUMM, YR, Bakaloudis D, Barboutis C, Cecere JG, Eraud C, Fischer D, Hering J, Hillerich K, Lormée H, Mader V, Masello JF, Metzger B, Rocha G, Spina F, Quillfeldt, P. 2021. Prevalence and genetic diversity of avian haemosporidian parasites in wild bird species of the order Columbiformes. *Parasitology Research*. 120(4):1405-1420. ISSN: 1432-1955. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07053-7>

STARKLOFF NC, Turner WC, FitzGerald AM, Oftedal MC, Martinsen ES, Kirchman JJ. 2021. Disentangling the effects of host relatedness and elevation on haemosporidian parasite turnover in a clade of songbirds. *Ecosphere*. 12(5): e03497. ISSN: 2150-8925. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3497>  
<https://doi.org/10.1002/ecs2.3497>

STILMMELMAYR R, Stefani LM, Thrall MA, Landers K, Revan F, Miller A, Beckstead R, Gerhold R. 2012. Trichomonosis in free-ranging Eurasian collared doves (*Streptopelia decaocto*) and African collared dove hybrids (*Streptopelia risoria*) in the Caribbean and description of ITS -1 region genotypes. *Avian Diseases*. 56(2):451–455. ISSN: 0005-2086. <https://doi.org/10.1637/9905-082311-case.1>

TAVASSOLI M, Esmailnejad B, Malekifard F, Mardani K. 2018. PCR-RFLP detection of Haemoproteus spp. (Haemosporida: Haemoproteidae) in pigeon blood samples from Iran. *Bulgarian Journal of Veterinarian Medicine*. 21(4):429–435. ISSN: 1311-1477. <https://doi.org/10.15547/bjvm.2014>

VALKIŪNAS G, Iezhova TA. 2017. Exo-erythrocytic development of avian malaria and related haemosporidian parasites. *Malaria Journal*. 16(1):1–24. ISSN: 14752875. <https://doi.org/10.1186/s12936-017-1746-7>

VALKIŪNAS G, Iezhova TA. 2018. Keys to the avian malaria parasites. *Malaria Journal*. 17(1):1-24. ISSN: 1475-2875. <https://doi.org/10.1186/s12936-018-2359-5>

VENABLES WN, Ripley BD. 2002. *Modern Applied Statistics with S*, Fourth edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>



VILLALVA-PASILLAS D, Medina JP, Soriano-Vargas E, Martínez-Hernández DA, García-Conejo M, Galindo-Sánchez KP, Sánchez-Jasso JM, Martín-Talavera-Rojas M, Salgado-Miranda C. 2020. Haemoparasites in endemic and non-endemic passerine birds from central Mexico highlands. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 11:88–92. ISSN: 2213-2244.

<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.12.007>

WHITE EM, Greiner EC, Bennett GF, Herman CM. 1978. Distribution of hematozoa of Neotropical birds. *Revista de Biología Tropical*. 1: 43–102. ISSN: 0034-7744.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/108771/>

WILEY-BLACKWELL, New York. USA. ISBN: 978-1-444-31619-3.

<https://www.wiley.com/en-us/Atlas+of+Clinical+Avian+Hematology-p-9781444316193>

WOOD MJ, Cosgrove CL, Wilkin TA, Sknowles C, Day KP, Sheldon BC. 2007. Within-population variation in prevalence and lineage distribution of avian malaria in blue tits, *Cyanistes caeruleus*. *Molecular Ecology*. 16(15):3263–3273. ISSN: 0962-1083.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2007.03362.x>

YANGA S, Martinez-Gomez JE, Sehgal RNM, Escalante P, Camacho FC, Bell DA. 2011. A preliminary survey for avian pathogens in Columbiformes birds on Socorro Island, Mexico. *Pacific Conservation Biology*. 17(1):11–20. ISSN: 1038-2097.

<https://doi.org/10.1071/PC110011>

YOSHIMOTO M, Ozawa K, Kondo H, Echigoya Y, Shibuya H, Sato Y, Sehgal RN. 2021. A fatal case of a captive snowy owl (*Bubo scandiacus*) with *Haemoproteus* infection in Japan. *Parasitology Research*. 120(1):277–288. ISSN: 1432-1955.

<https://doi.org/10.1007/s00436-020-06972-1>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>