

# **Ácaros de las plumas asociados a *Thryophilus sernai*: variación en un gradiente ambiental y distribución espacial entre plumas.**

Sebastián Olaya-Caro<sup>1</sup>, Juan Luis Parra<sup>1</sup>, Juliana Soto-Patiño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados (ECOEVO), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Biología para la Conservación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia.

## **RESUMEN**

Los ácaros son ecto-simbiontes de las aves, que en numerosas ocasiones presentan relaciones especie-específicas. La biología de estos organismos y su interacción con las aves son poco conocidas y más aún en el neotrópico, donde existe un alto potencial de encontrar especies no descritas. El presente trabajo tuvo como objetivos identificar las especies de ácaros presentes en las plumas del vuelo del cucarachero paisa (*Thryophilus sernai*), un ave endémica del cañón del río Cauca, y entender la distribución de la abundancia de los ácaros a múltiples escalas. Evaluamos cómo varía la abundancia de ácaros en relación a factores intrínsecos de las aves y factores extrínsecos como la temperatura y precipitación del medio. También caracterizamos la distribución de los ácaros entre las plumas de un mismo individuo y entre plumas de una misma ala. A diferencia de lo esperado, pudimos establecer que este nuestro sistema la abundancia de los ácaros de las plumas no es explicada por los factores intrínsecos, pero si, por las características climáticas del medio donde ocurren los individuos. El número de ácaros aumentó con la temperatura y disminuyó con la precipitación, al interior de un individuo, los ácaros presentaron una distribución asimétrica con mayor número de individuos usualmente en el ala derecha. y la mayoría de ácaros se concentraron centralmente entre las plumas de vuelo (entre primaria P6 y secundaria S6).

Palabras claves: Bosque seco, ecto-simbiontes, glándula uropigial, variables climáticas

## INTRODUCCIÓN

Las asociaciones simbióticas no solo son ubicuas en la naturaleza, sino que también juegan un papel fundamental en la ecología y la evolución de los organismos (Leung & Poulin, 2008). Un ejemplo de una asociación biológica interesante y poco conocida es la que se ha establecido a través de millones de años entre los ácaros de las plumas y las aves, para la cual algunos investigadores han postulado a estos ácaros como parásitos (Poulin, 1991; Harper, 1999) mientras otros los definen como comensales o mutualistas (Blanco et al., 1997; Doña et al., 2019). Los ácaros de las plumas (Acari: Astigmata), son uno de los grupos de ecto-simbiontes obligados más abundantes y diversos en las aves (Doña et al., 2017). Están representados por aproximadamente 2,500 especies, incluidas en dos superfamilias de la cohorte Astigmatina: Analgoidea y Pterolichoidea, que ocurren en casi todas las especies de aves (O'Connor, 1982, 2009; Mironov & Proctor, 2008). Sin embargo, esta cifra puede ser considerada un subestimado ya que, en regiones donde ocurre la mayor riqueza de especies de aves (trópicos), es donde los ácaros de estas han sido menos estudiados (Barreto et al., 2012). Por ende, consideramos que estudiar esta interacción en el neotrópico puede ser fundamental para entender los parámetros bajo los cuales esta relación ecológica puede variar, así como explorar la taxonomía de ácaros, lo cual puede incluso generar la descripción de nuevas especies.

Un aspecto interesante de esta interacción ecológica es la variación de la abundancia de los ácaros de las plumas respecto a factores bióticos, como la ecología, morfología e historia de vida de las aves, y abióticos como, la temperatura, la humedad del ambiente y la elevación (I. Galván et al., 2008; Díaz-Real et al., 2014; Meléndez et al., 2014; Matthews et al., 2018). Por ejemplo, diversas investigaciones han permitido establecer que existe una asociación positiva entre la abundancia de ácaros el tamaño de la glándula uropigial del ave, y la temperatura del medio a nivel intra e inter-específico, revelando además que, dicha variación tiene varios efectos sobre la condición y la aptitud del huésped (Ismael Galván & Sanz, 2006; I. Galván et al., 2008; Møller et al., 2010; Haribal et al., 2011; Ismael Galván et al., 2012; Meléndez et al., 2014). Del mismo modo, otros autores han

establecido que la distribución de los ácaros en las plumas es central, pues, estos se localizan entre las primarias más próximas a las secundarias y las secundarias más distales al cuerpo del ave (Jovani & Serrano, 2004).

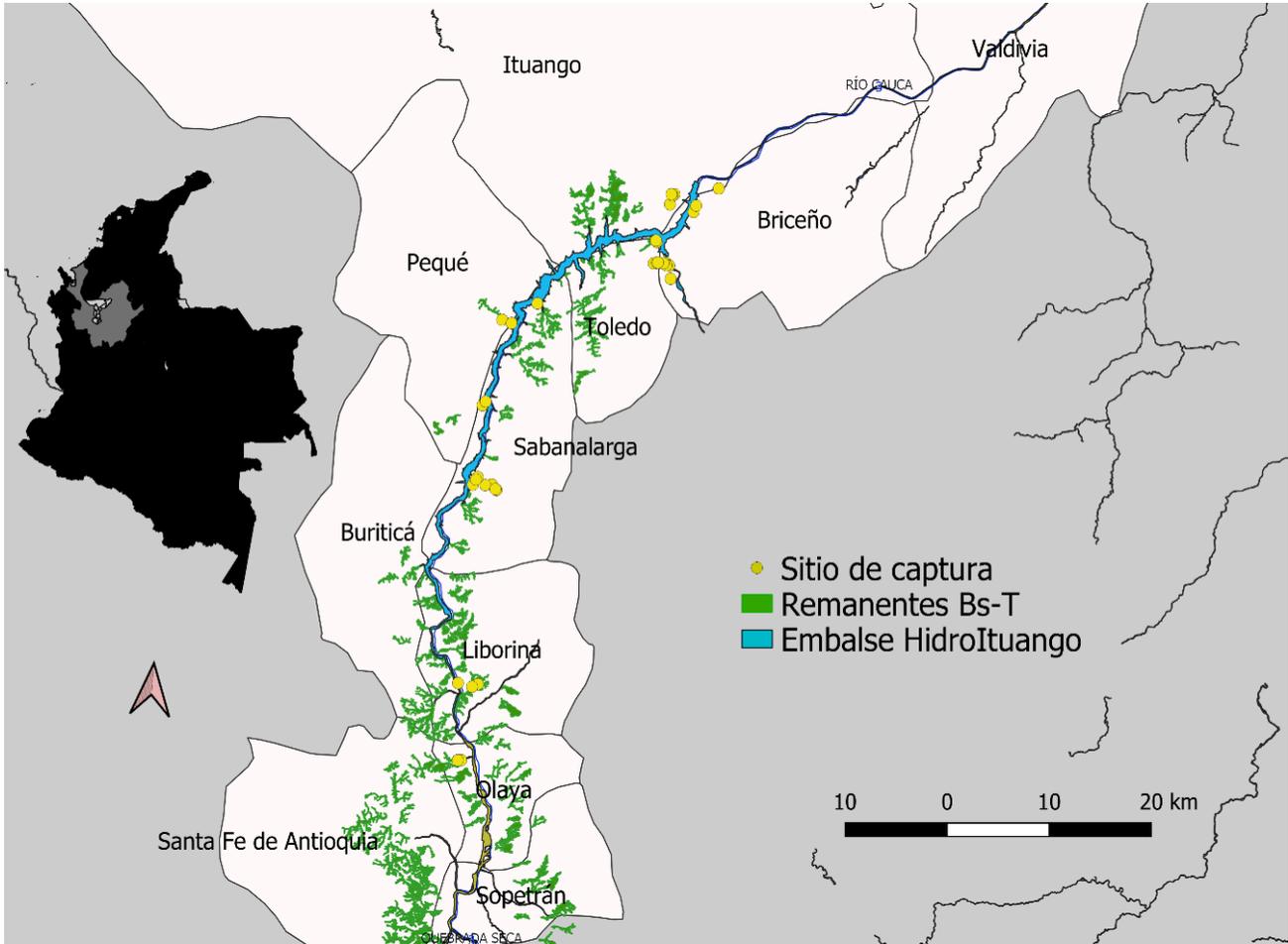
Por lo tanto, en esta investigación, estudiamos la variación de la abundancia de ácaros de las plumas del vuelo de *Thryophilus sernai* (cucarachero paisa) una especie endémica de los bosques secos tropicales del norte del cañón del río Cauca en Colombia, de la cual se conoce poco acerca de su ecología y evolución (Lara et al., 2012). Esta ave resulta ser un sistema de estudio interesante dado que, tiene un rango geográfico restringido y ocurre a lo largo de un gradiente marcado de precipitación lo cual permite la evaluación simultánea de los efectos de factores bióticos y abióticos sobre la abundancia de los ácaros. Partiendo de los anterior, desde un contexto ecológico e intraespecífico, estudiamos cómo la temperatura y la humedad relativa del ambiente, el volumen aproximado de la glándula uropigial y el IMC (índice de masa corporal) del ave, pueden explicar la abundancia de ácaros de las plumas presentes en *Thryophilus sernai*. Así mismo, describimos cómo se distribuyen espacialmente los ácaros de las plumas de vuelo en y entre las alas del ave. Nuestras predicciones son que las variables climáticas y el volumen de la glándula uropigial explican la variación en la abundancia de los ácaros, también, que los ácaros tienden a ubicarse en las plumas más próximas al cuerpo del ave.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDIO**

Entre julio de 2019 y febrero de 2020 visitamos siete localidades distribuidas a lo largo del norte del Cañón del río Cauca (Figura 1; Tabla 1) localizado en el departamento de Antioquia. Esta región presenta una variación ambiental marcada que incluye gradientes que van desde el bosque seco hasta el bosque húmedo y bosques pre-montanos. La localidad más al sur (Santa Fe de Antioquia), se caracteriza por tener una precipitación anual de 1200mm y una temperatura promedio de 28°C, mientras que la localidad más al norte, (Valdivia), se identifica por tener una precipitación anual de 4600mm y una temperatura promedio anual de 24°C. Esta heterogeneidad permite la ocurrencia de una alta diversidad con más de

300 especies de aves (Rivera-Gutierrez et al., 2018), dentro de las que se destaca *Thryophilus sernai* (Figura 2) como una de las aves endémicas para Colombia en esta región.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio representando los puntos de captura de *Thryophilus sernai* (en amarillo) a lo largo del norte cañón del río Cauca en Antioquia, Colombia. Mapa realizado en QGIS 3.10.5.

Número	Localidad	Coordenadas	Capturas	Esfuerzo de muestreo (Horas/red)
1	Liborina	6°40'41"N 75°48'44"O	5	120
2	Ituango	7°10'16"N 75°45'49"O	6	144
3	Sabanalarga	6°50'54"N 75°49'01"O	13	340

4	Santa Fe de Antioquia	6°33'23"N 75°49'39"O	3	72
5	Peque	7°01'17"N 75°54'34"O	8	195
6	Toledo	7°00'37"N 75°42'06"O	11	266
7	Briceño	7°06'38"N 75°33'04"O	4	100

**Tabla 1.** Localidades de muestreo geo-referenciadas, número de capturas de *Thryophilus sernai* por localidad, y esfuerzo de muestreo total para cada sitio.



**Figura 2.** *Thryophilus sernai* capturado con red de niebla en Santa Fe de Antioquia.

#### TOMA DE DATOS Y MUESTRAS

En cada localidad, realizamos búsqueda de territorios de *T.sernai*, a través de observación directa de los hábitats potenciales, incluyendo característica en la vegetación, la presencia de nidos del ave. Cuando era posible, se detectaban individuos por sus cantos y en algunas ocasiones se hizo uso de playback para atraerlos, dado que es una especie con un comportamiento territorial marcado.

Posterior a la identificación del territorio, se instalaban redes de niebla ubicadas estratégicamente. Cuando era necesario el ave era atraída hacia las redes mediante la reproducción de cantos y reclamos de la especie, reproducidos en un Speaker (JBL Flip 4).

Cuando un individuo era capturado, se extraía cuidadosamente de la red, se depositaban en bolsas de tela, y era llevado a la estación de procesamiento de aves. Allí se procedía a tomar medidas morfo-métricas estándar, la masa, la longitud máxima, ancho y altura de la glándula uropigial de acuerdo al método de Galván & Sanz (2006), con el fin de obtener una estimación del volumen de la glándula uropigial ( $\text{mm}^3$ ). Dichas medidas se tomaron utilizando un calibrador ( $\pm 0.1\text{mm}$ ), una regla de tope y una balanza digital ( $\pm 0.1\text{g}$ ). Posteriormente, cada ave era anillada con tres anillos, uno metálico y dos plásticos de color, en su pata derecha e izquierda respectivamente. El anillo metálico incluye un código único al cual se asocian todas las variables consideradas para nuestro trabajo. Anillar cada ave nos permite no repetir individuos durante el muestreo, logrando así evitar recuentos dentro de cada población. Toda la información obtenida durante el procesamiento del ave, así como también la información de los anillos eran registrados en un formulario específico con un código ID para cada ave en la aplicación Survey123 for ArcGIS.

A continuación, se inspeccionó la presencia de ácaros de las plumas en las alas y se llevó a cabo su conteo. Seguimos la metodología propuesta por Jovani & Serrano (2001), extendiendo cada ala expuesta a contra luz (Figura 3), contando todos los ácaros adultos presentes en cada pluma (primarias y secundarias). Examinamos ambas alas con el fin de establecer si la abundancia de ácaros es un ala es proporcional a la otra (Jovani & Serrano, 2004). Posteriormente, procedimos a tomar una o dos plumas, dependiendo de la abundancia de ácaros presentes, las cuales eran depositadas en viales con alcohol al 96% previamente marcados de acuerdo a la información de cada ave. Estas muestras eran tomadas con el fin de tener una representación de los ácaros presentes en cada ave que servirían como base para la identificación taxonómica de los mismos.



**Figura 3.** Ala con las plumas primarias y secundarias extendidas a contra luz.

Las variables climáticas asociadas al sitio de captura fueron descargadas en <https://www.worldclim.org/> , para posteriormente, a través del software R4.0.0 se usó el paquete raster, para extraer los valores de temperatura y precipitación anual promedio, correspondientes a cada coordenada obtenida en campo asociada a cada ave capturada y procesada.

Para calcular el índice de masa corporal (IMC) de cada individuo, seguimos propuesta por Nesbitt et al. (2008):  $IMC = (masa [g] / longitud\ de\ tarso [mm]^2) \times 10^5$ . Dicho índice fue hallado con el fin de realizar una correlación con la abundancia de ácaros encontrados en cada ave.

### MONTAJE E IDENTIFICACIÓN DE ÁCAROS

En el laboratorio, bajo estereoscopio y sobre un vidrio reloj pequeño y un pincel de punta fina, se extrajeron los ácaros de cada muestra. Para el proceso de aclarado cada individuo era ubicado en portaobjetos, allí se les adicionaba una gota de ácido láctico al 10% y se mantenían 24 horas a temperatura ambiente, posteriormente eran montados y fijados en placas utilizando solución de Hoyer. Cada placa fue nombrada con el ID del ave correspondiente a la muestra. Para este tipo de muestras es fundamental la aclaración de los individuos pues estos tienen placas altamente esclerotizadas, que de no ser aclaradas impiden una buena identificación

taxonómica de los ácaros. Cabe destacar que se fijaron todas las muestras obtenidas en campo, además, que no se realizó un conteo por sexo de ácaros.

La fase preliminar de la identificación de los ácaros de las plumas se llevó a cabo a partir de la observación en el microscopio de caracteres morfológicos tales como la cantidad de segmentos por extremidad, el tamaño, e información de asociación con grupos de aves, a través de la revisión de artículos de descripción de ácaros de las plumas, así como también de libros y claves taxonómicas disponibles (Gaud & Atyeo, 1996) (Grimaldi, 2010). Este proceso nos permitió definir la familia a la que pertenecían los morfos encontrados, además de establecer algunos géneros a los que potencialmente pertenecían los individuos. Con el fin de darle veracidad a nuestra revisión, se tomaron fotografías a las placas de ácaros previamente montadas, las cuales se obtuvieron en el laboratorio de Ecología Microbiana y Bioprospección, con la ayuda de un microscopio que cuenta con una cámara de alta resolución adaptada. Dichas fotografías fueron enviadas al Dr. Sergey V. Mironov, (Russian Academy of Sciences, Zoological Institute) que es un experto en taxonomía de ácaros y en identificación de especies en función de caracteres morfológicos.

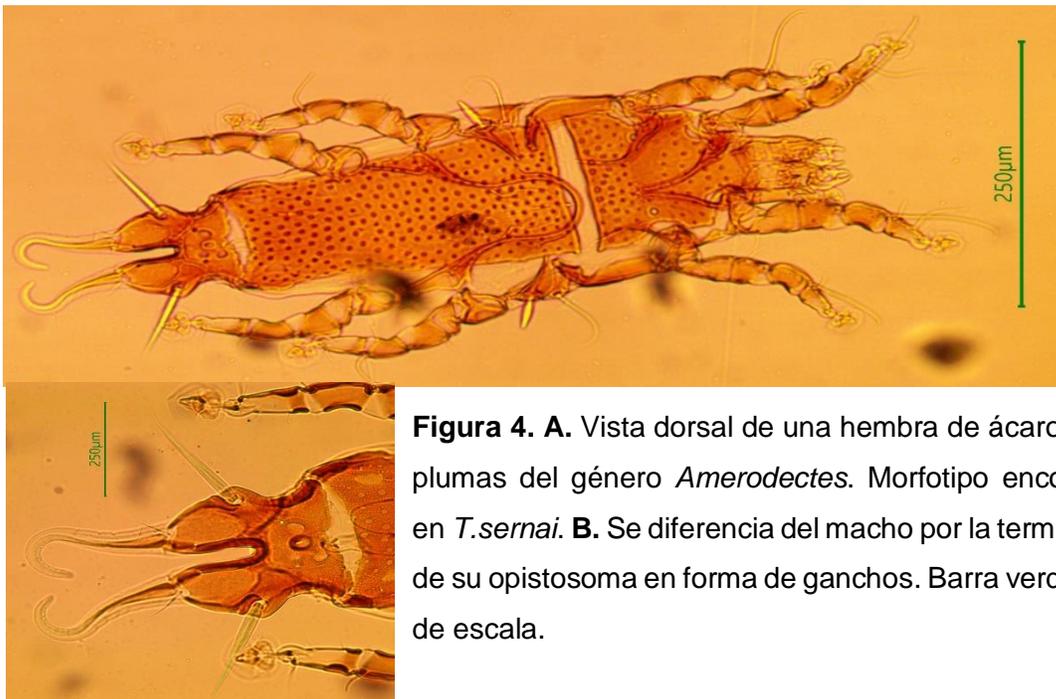
## ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para evaluar si la variación en la abundancia de ácaros podría explicarse mediante variación en factores bióticos y abióticos, se realizaron modelos lineales generalizados, donde la variable respuesta fue abundancia y los predictores la temperatura y humedad media anual asociada al sitio de captura, el índice de masa corporal y el volumen de la glándula uropigial. Con el fin de caracterizar la distribución de ácaros entre plumas del vuelo y entre alas, se realizaron modelos generalizados lineales mixtos, donde la variable respuesta era el número de ácaros por pluma, y los factores fijos fueron la posición (pluma más externa=0, pluma más interna=18), el ala y los factores aleatorios fueron el individuo y la localidad. Se realizaron tres modelos, uno cuadrático, uno nulo y otro lineal. El mejor modelo se eligió utilizando el criterio de información de Akaike corregido por tamaño de muestra. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en R 4.0.0.

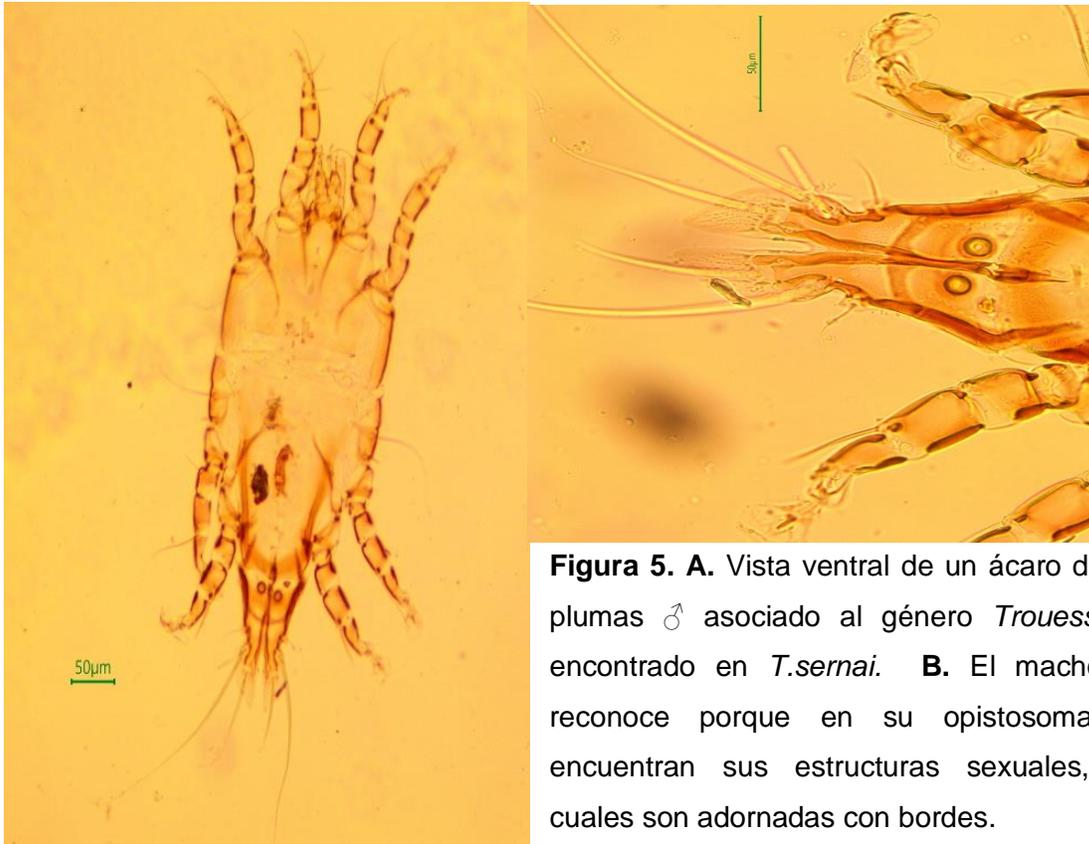
## RESULTADOS

De un total de 49 aves capturadas y procesadas, 34 presentaban al menos un ácaro de las plumas, lo cual representa en una prevalencia del 69%, con una variación en la abundancia de ácaros desde cero hasta 362 individuos por ave ( $\bar{x} = 63$  ácaros). Cabe destacar que no hubo recapturas, además de que se capturó un individuo juvenil, el cual presentaba un total de 597 ácaros, y fue excluido de los análisis debido a que nuestro trabajo se realizó en base a individuos adultos tanto de aves como de ácaros.

Respecto a la identificación taxonómica, con la ayuda del Dr. Sergey V. Mironov se logró determinar que los morfos de ácaros encontrados corresponden a dos géneros asociados a aves Passeriformes, *Trouessartia* (Trouessartiidae) y *Amerodectes* (Proctophyllodidae) (Figura 4 y 5), con la posibilidad de que los individuos pertenecientes al género *Trouessartia* correspondan a una nueva especie de ácaros de las plumas, destacando además, que el morfotipo correspondiente a este género fue el más encontrado en las aves, pues estaba presente en 34 de las 34 aves en donde se encontró al menos un ácaro, mientras el otro género se encontró en solo tres aves inspeccionadas.

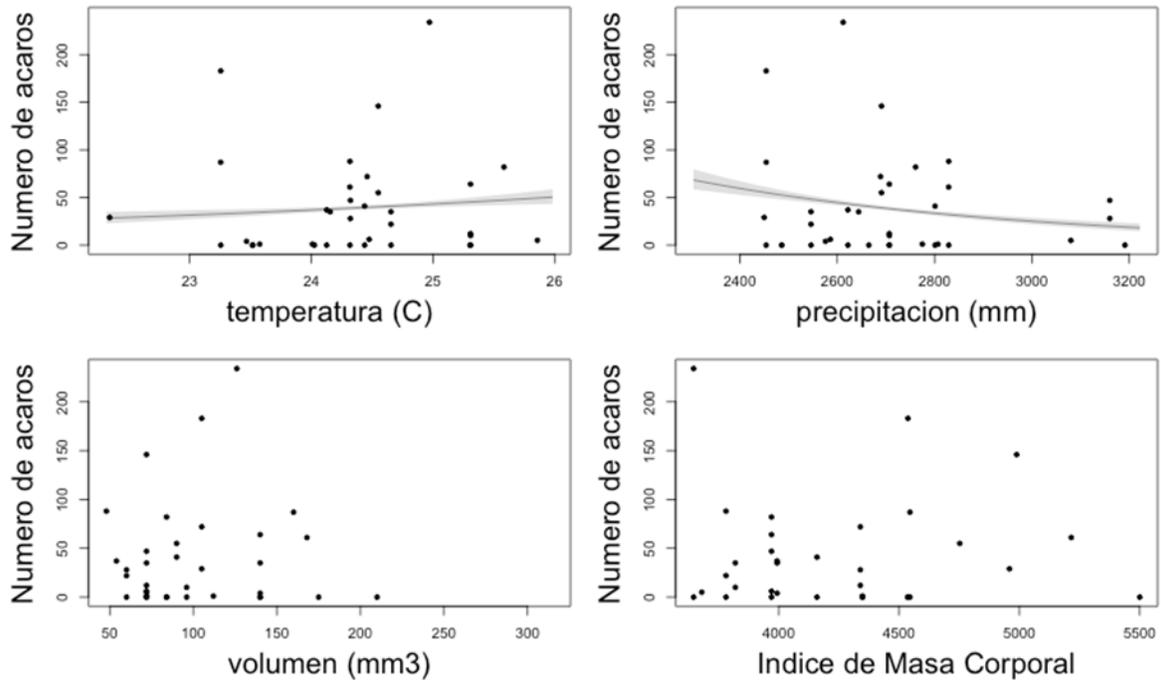


**Figura 4. A.** Vista dorsal de una hembra de ácaro de las plumas del género *Amerodectes*. Morfotipo encontrado en *T. sernai*. **B.** Se diferencia del macho por la terminación de su opistosoma en forma de ganchos. Barra verde línea de escala.



**Figura 5. A.** Vista ventral de un ácaro de las plumas ♂ asociado al género *Trouessartia* encontrado en *T.sernai*. **B.** El macho se reconoce porque en su opistosoma se encuentran sus estructuras sexuales, las cuales son adornadas con bordes.

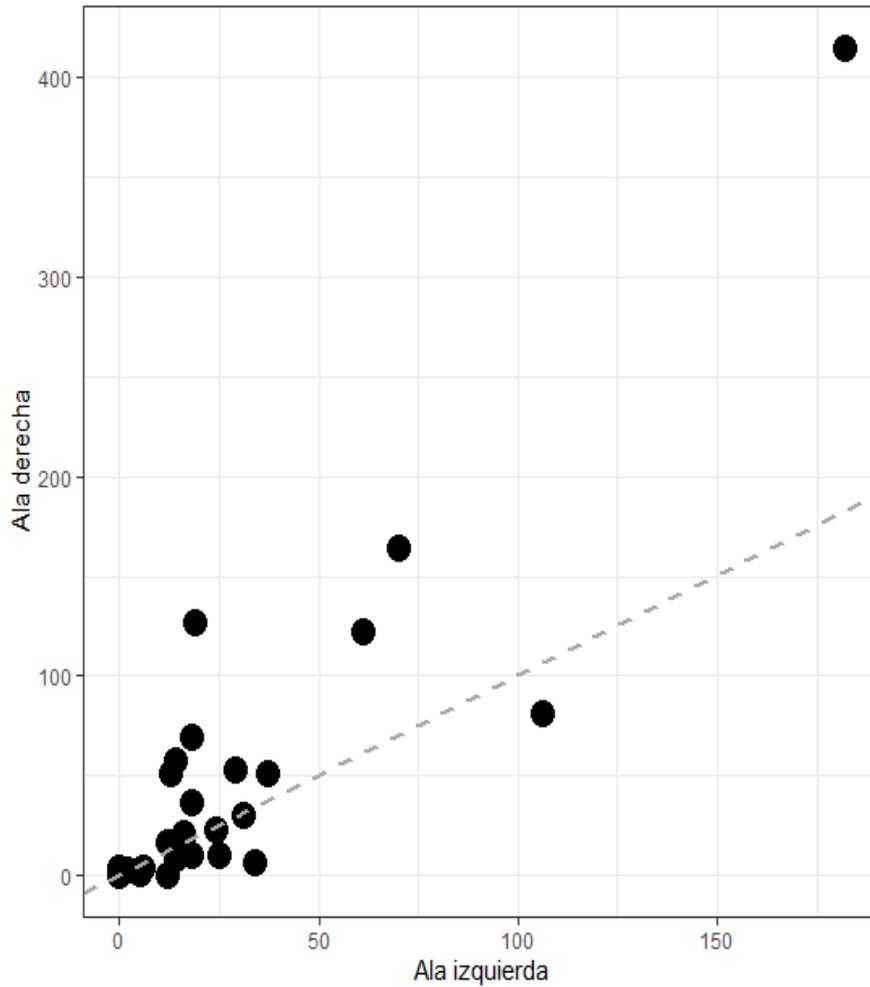
El número de ácaros por ave estuvo relacionado con las variables climáticas extrínsecas evaluadas: temperatura media anual y precipitación media anual (Figura 6) pero no presentó relación con las variables intrínsecas: el tamaño de la glándula uropigial y el índice de masa corporal (num = 3.63, + 0.12 (Temp), - 0.29 (Prec), - 0.03 (VolG), + 0.03(IMC). donde el intervalo de confianza del 95% de los dos primeros coeficientes excluye el 0). La abundancia de los ácaros aumentó con la temperatura media anual (1.12 individuos/°C) y disminuyó con la precipitación (- 0.74 individuos/mm de precipitación; Figura 6). La variación en los datos fue amplia y el modelo tiene poco poder explicativo ( $R^2 < 0.1$ ).



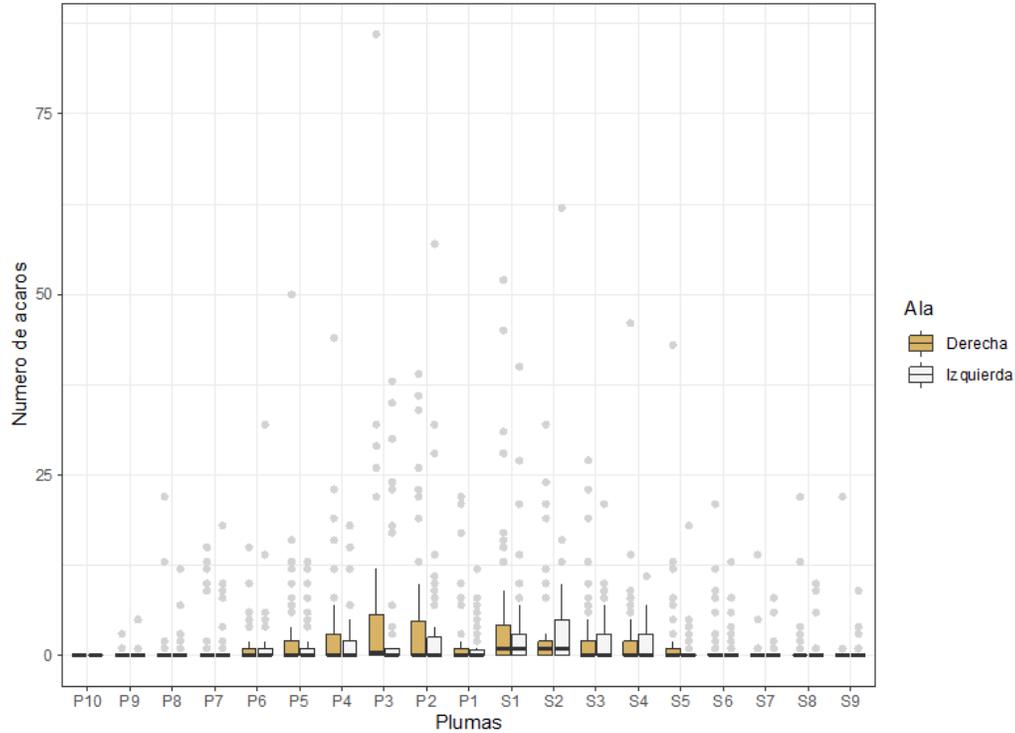
**Figura 6.** Número de ácaros por ave en función de las cuatro variables, dos extrínsecas: temperatura promedio anual y precipitación promedio anual, y dos intrínsecas: volumen de la glándula uropigial e Índice de masa corporal (longitud del tarso/masa corporal). Las dos primeras variables mostraron una relación significativa y la predicción del modelo (línea negra) junto con el intervalo de confianza del 95% (banda gris) se presenta.

La distribución de los ácaros de las plumas en las alas de *Thryophilus sernai* no es simétrica entre ellas (Figura 7). La abundancia de ácaros en los individuos estudiados es generalmente mayor en el ala derecha de los individuos que en el ala izquierda. En cuanto a la distribución de la abundancia entre plumas, los ácaros estuvieron en general ausentes de las plumas más externas respecto al cuerpo del ave (en ninguna ave, se encontraron ácaros en la pluma más externa P10), y de las plumas más próximas al cuerpo del ave (solo en cuatro aves se encontraron pocos ácaros en la pluma más interna S9). El mayor número de ácaros fue encontrado en las primarias más próximas a las secundarias (P6-P1) y las secundarias más distales al cuerpo del ave (S1-S6); entre las primarias, la P3 es la pluma donde más

abundancia de ácaros se encontró, mientras para las secundarias la S1 (Figura 8). A pesar de existir un patrón en la distribución de abundancia de ácaros entre plumas y entre alas, existe una amplia variación. El modelo que mejor explico el cambio en la abundancia de ácaros entre plumas fue uno cuadrático (Tabla 2), aunque es posible que la distribución sea bimodal debido a que, se evidencian dos picos en dicha distribución, uno en las primarias otro en las secundarias.



**Figura 7.** Número de ácaros del ala derecha y ala izquierda de todas las aves capturadas en el estudio. La línea gris punteada indica una relación uno a uno.



**Figura 8.** Distribución de la abundancia de los ácaros entre las plumas y entre alas por cada pluma. Las cajas representan la distribución de los datos del cuartil 25 al 75. Los bigotes se extienden hasta el valor máximo hasta  $1.5 \cdot \text{IQR}$  (la diferencia entre el cuartil 75 y 25). Valores más altos o más bajos, son considerados atípicos y aparecen en gris.

Modelos	npar	AICc	$\Delta\text{AICc}$	AICcWt	LL
Cuadrático: $\text{num} \sim \text{Ala} + \text{pos.pluma} + \text{pospluma}^2 + (1 \text{ind}) + (1 \text{loc})$	6	7648.3	0	1	-3818.14
Lineal: $\text{num} \sim \text{Ala} + \text{pos.pluma} + (1 \text{ind}) + (1 \text{loc})$	5	8872.7	1224.4	0	-4431.36
Nulo: $\text{num} \sim 1 + (1 \text{ind}) + (1 \text{loc})$	3	9016.9	1368.5	0	-4505.45

**Tabla 2.** Resumen de los modelos ajustados a la variación en el número de ácaros en función de la posición de la pluma y el ala. El mejor modelo según el criterio de información de Akaike fue el modelo cuadrático.

## DISCUSIÓN

Existe una gran variación en la abundancia de ácaros a múltiples niveles: dentro de una pluma, entre plumas de una misma ala, entre alas, entre individuos, y entre especies (Matthews et al., 2018). Los resultados de nuestra investigación aportan al conocimiento de esta interacción poco estudiada en ambientes tropicales e indica algunas causas de la variación en la abundancia de ácaros de las plumas en el neotrópico. Solo fueron encontrados dos morfotipos de ácaros al examinar 49 aves, con una alta prevalencia de al menos uno ácaro en el 69% de las aves, lo que sugiere que no existe un alto número de especies de ácaros en esta especie de ave, y que posiblemente se trate de una nueva especie para la ciencia. Omitir el individuo adulto de nuestros análisis nos permite descartar el conteo de ácaros no adultos, debido a que estos sincronizan su reproducción con la de sus huéspedes para que sus etapas móviles alcancen mayor probabilidad de transmisión (Galván et al., 2008). Dicha exclusión también se realizó debido a un tamaño de muestra insuficiente.

Nuestros resultados confirman que existe una relación directa entre el ambiente extrínseco, por ejemplo, la influencia de la temperatura y precipitación del medio y la abundancia de ácaros en las aves (Meléndez et al., 2014), mas no entre el ambiente intrínseco del ave (volumen de la glándula uropigial e índice del estado corporal) y la abundancia de ácaros. Nuestros datos sugieren que el número de ácaros en las aves aumentan en zonas calientes con baja precipitación, en otras palabras, el número de ácaros aumenta hacia el extremo de bosque seco en el cañón del Rio Cauca en Antioquia. Adicionalmente, existe una amplia variación de la abundancia de ácaros entre las alas y las plumas difícil de explicar. En promedio, las aves tuvieron una mayor carga de ácaros en el ala derecha que en la izquierda, lo cual no se relaciona con lo establecido por Jovani & Serrano (2004), los cuales encontraron una distribución proporcional del número de ácaros entre alas. Como era de esperarse, nuestros hallazgos generan más preguntas que respuestas. Sin embargo, en los siguientes párrafos discutimos a fondo cada uno de nuestros

resultados con la intención de fomentar interés por el estudio de esta interesante interacción ecológica.

Las plumas son zonas independientes del flujo de sangre, por ende, no existe influencia directa de la endo-termia del ave y los ácaros se encuentran expuestos a las condiciones presente en el medio (Meléndez et al., 2014). Tanto la temperatura como la precipitación pueden afectar directamente el desarrollo y supervivencia de los ácaros, como sus recursos alimenticios en el ave. A pesar de que el modelo identifico una relación positiva entre la abundancia de los ácaros y la temperatura, es evidente que existe una gran cantidad de variación no explicada por estas variables. Es posible que exista una o más variables claves para entender la gran variación en el número de ácaros presente en algunas aves; por ejemplo, la edad de la pluma, el estado reproductivo del individuo, el sexo, la edad entre otros factores (Matthews et al., 2018).

Por su parte, la abundancia de ácaros en las aves disminuyó con un aumento en la precipitación anual promedio, posiblemente porque la precipitación puede afectar a los organismos a través de efectos directos como el comportamiento, resaltando además que, la variación estocástica en la precipitación puede debilitar la intensidad promedio de las interacciones bióticas a lo largo del tiempo (Deguines et al., 2017) lo que podría afectar directamente la interacción ácaro-ave, así como la abundancia de estos ecto-simbiontes y los efectos sobre su huésped.

Al contrario de lo hallado por otros investigadores (Galván & Sanz, 2006; Galván et al., 2008; Soler et al., 2012), nuestros datos sugieren que el número de ácaros presentes en un ave, no está relacionado con el volumen de la glándula uropigial. Es importante destacar que, nuestro estudio no fue realizado durante la temporada de reproducción de las aves, momento en el cual posiblemente existe una relación directa entre la abundancia de ácaros y el volumen de la glándula uropigial, debido a que es solo en ese momento cuando los ácaros están más activos metabólicamente y, por lo tanto, están más restringidos por la disponibilidad de alimentos (Galván et al., 2008). Por otra parte, la reproducción puede ser un factor determinante, pues el cuidado parental requiere mucha energía por parte de los

padres, los cuales llegan incluso a descuidar su salud y bienestar por atender las actividades reproductivas, lo que puede conllevar a un sistema inmunocomprometido (Knowles et al., 2009). Lo que a su vez, puede aumentar la infección por parte de bacterias, hongos y parásitos, así como también la producción de aceites por parte de la glándula uropigial, los cuales sirven como alimento para los ácaros de las plumas (Blanco et al., 1997; Proctor, 2003; Doña et al., 2019), considerando además que, si hay mayor disponibilidad de recursos mayor será la capacidad de carga. Por otra parte, la variación estacional en el tamaño de la glándula uropigial puede ser un factor determinante en la relación entre el volumen de esta y la abundancia de ácaros en las plumas, considerando que, dependiendo la época del año y si las aves se encuentran en periodo reproductivo tanto el tamaño de la glándula como el número de ácaros puede variar (Pap et al., 2010). Cabe destacar que, no todas las aves no fueron capturadas en el mismo momento, lo cual permitió que existiera una fluctuación tanto en la abundancia de ácaros como en el volumen de la glándula uropigial de cada ave.

Pap et al. (2005) y Galván et al. (2012) establecieron que no existe una correlación entre la condición del ave y la abundancia de ácaros, algo similar a lo que encontramos en nuestro análisis teniendo como referencia el índice de masa corporal del ave (IMC), lo que sugiere que la carga de ácaros no puede ser interpretada necesariamente como un proxy del estado de salud de los individuos. Como otros estudios sugieren, es posible que la relación entre ácaros de las plumas y aves tienda a ser más de tipo comensalistas-mutualistas, que de parásitos-hospedero debido a que, si la condición del ave fuese determinante para la abundancia de ácaros, existiera una relación directa entre ambas variables (Blanco et al., 1997; Doña et al., 2019).

Respecto a la distribución de la abundancia de ácaros entre las plumas de vuelo, encontramos una distribución asimétrica entre alas (más ácaros en promedio en el ala derecha que en el ala izquierda) y una concentración de ácaros hacia la zona intermedia de las plumas del vuelo. El primer resultado es difícil de explicar y en los pocos trabajos que han caracterizado la distribución de ácaros a esta escala, no se

han encontrado resultados similares (Jovani & Serrano, 2004). Aunque resulta difícil comparar especies bajo climas, ecologías, e historias de vida diferentes, los resultados encontrados resaltan la importancia de obtener un mayor número de datos. En cuanto a la distribución del número de ácaros entre las plumas del vuelo de un mismo individuo, al igual que otros autores (Choe & Kim, 1989) (Jovani & Serrano, 2004) nuestros resultados establecen que los ácaros tienden a distribuirse centralmente en las alas de las aves evaluadas (principalmente entre las plumas P6-S6) posiblemente por el tamaño de las plumas, pues, *Thryophilus sernai*, es un ave la cual sus plumas más externas en ambas internas son más pequeñas, y tal como plantean (Stefan et al., 2015) varios factores pueden ser responsables en la selección de su microhábitat, uno de ellos es el tamaño de la barba central (raquis) y de las barbas laterales de la pluma. Además, otro factor que puede influir en la preferencia de los ácaros para agruparse en las plumas centrales del ala, puede ser la turbulencia del aire durante el vuelo del ave, ya que, las fuerzas aerodinámicas tienen un mayor impacto en las plumas más distales (P10-P7) del ave (Choe & Kim, 1989; Stefan et al., 2015). Es posible tal y como proponen (Jovani & Serrano, 2004; Mestre et al., 2011) que aunque la distribución no se ajuste a un modelo en particular esto no se deba a errores de muestreo, si no a condiciones ambientales e intrínsecas del ave particulares que tienen un efecto en la interacción ácaro-ave, especialmente en la distribución de estos entre las plumas.

En conclusión, encontramos que la abundancia de ácaros de las plumas en nuestro sistema es mediada por factores extrínsecos del ave como la temperatura y la precipitación, y que los factores intrínsecos al ave no presentaron ninguna relación con el número de ácaros. Esto contradice nuestra predicción de que, como lo han establecido otros autores, la glándula uropigial es la que media la abundancia de ácaros de las plumas de vuelo. Proponemos que se incluyan otros parámetros ambientales e intrínsecos al ave en futuros estudios que puedan explicar con mayor veracidad la variación la abundancia de los ácaros de las plumas, así como también, que se intensifiquen los estudios sobre la relación ácaro-ave en el neotrópico donde aún no se ha generado información al respecto. Del mismo modo, que se aumente el interés por generar más conocimiento que permita establecer cómo ha

evolucionado esta interacción ecológica, además de, profundizar más en la taxonomía de estos ecto-simbiontes lo cual en la actualidad es muy pobre, considerando que posiblemente exista una especie de ácaro ligada a cada especie de ave descrita debido a su imposibilidad de sobrevivir fuera de su hospedero.

## REFERENCIAS

- Barreto, M., Burbano, M., Proctor, H., Mironov, S., & Wauthy, G. (2012). Feather mites (Acariformes: Psoroptidia) from Colombia: Preliminary list with new records. *Zootaxa*, 3516, 1–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3516.1.1>
- Blanco, G., Tella, J. L., & Potti, J. (1997). *Nordic Society Oikos Feather Mites on Group-Living Red-Billed Choughs : A Non-Parasitic Interaction ? Journal of Avian Biology* , Vol . 28 , No . 3 ( Sep ., 1997 ), pp . 197-206 Publ. 28(3), 197–206.
- Choe, J. C., & Kim, K. C. (1989). Microhabitat selection and coexistence in feather mites (Acari: Analgoidea) on Alaskan seabirds. *Oecologia*, 79(1), 10–14. <https://doi.org/10.1007/BF00378233>
- Deguines, N., Brashares, J. S., & Prugh, L. R. (2017). Precipitation alters interactions in a grassland ecological community. *Journal of Animal Ecology*, 86(2), 262–272. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12614>
- Díaz-Real, J., Serrano, D., Pérez-Tris, J., Fernández-González, S., Bermejo, A., Calleja, J. A., De La Puente, J., De Palacio, D., Martínez, J. L., Moreno-Opo, R., Ponce, C., Frías, Ó., Tella, J. L., Møller, A. P., Figuerola, J., Pap, P. L., Kovács, I., Vágási, C. I., Meléndez, L., ... Jovani, R. (2014). Repeatability of feather mite prevalence and intensity in passerine birds. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107341>
- Doña, J., Potti, J., De La Hera, I., Blanco, G., Frías, O., & Jovani, R. (2017). Vertical transmission in feather mites: insights into its adaptive value. *Ecological Entomology*, 42(4), 492–499. <https://doi.org/10.1111/een.12408>

- Doña, J., Proctor, H., Serrano, D., Johnson, K. P., Oploo, A. O. van, Huguet-Tapia, J. C., Ascunce, M. S., & Jovani, R. (2019). Feather mites play a role in cleaning host feathers: New insights from DNA metabarcoding and microscopy. *Molecular Ecology*, 28(2), 203–218.  
<https://doi.org/10.1111/mec.14581>
- Galván, I., Barba, E., Piculo, R., Cantó, J. L., Cortés, V., Monrós, J. S., AtiÉnzar, F., & Proctor, H. (2008). Feather mites and birds: An interaction mediated by uropygial gland size? *Journal of Evolutionary Biology*, 21(1), 133–144.  
<https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2007.01459.x>
- Galván, Ismael, Aguilera, E., AtiÉnzar, F., Barba, E., Blanco, G., Cantó, J. L., Cortés, V., Frías, Ó., Kovács, I., Meléndez, L., Møller, A. P., Monrós, J. S., Pap, P. L., Piculo, R., Senar, J. C., Serrano, D., Tella, J. L., Vágási, C. I., Vögeli, M., & Jovani, R. (2012). Feather mites (Acari: Astigmata) and body condition of their avian hosts: A large correlative study. *Journal of Avian Biology*, 43(3), 273–279. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2012.05686.x>
- Galván, Ismael, & Sanz, J. (2006). Feather mite abundance increases with uropygial gland size and plumage yellowness in Great Tits *Parus major*. *Ibis*, 148, 687. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00576.x>
- Gaud, J., & Atyeo, W. T. (1996). *Feather mites of the world (Acarina, Astigmata): the supraspecific taxa*. Royal Museum for Central Africa / Musée Royal de l'Afrique Centrale.
- Grimaldi, D. (2010). *A Manual of Acarology*. Third Edition. Edited by G. W. Krantz and D. E. Walter. Lubbock (Texas) : Texas Tech University Press. ISBN: 978-0-89672-620-8. 2009. *Quarterly Review of Biology - QUART REV BIOL*, 85, 372. <https://doi.org/10.1086/655081>
- Haribal, M., Proctor, H., Dhondt, A. A., & Rodriguez, E. (2011). Biology of House Finch feather mites, *Proctophyllodes pinnatus* (Acari: Proctophyllodidae), parallels variation in preen gland secretions. *International Journal of*

*Acarology*, 37(1), 75–90. <https://doi.org/10.1080/01647954.2010.495952>

Harper, D. (1999). Feather mites, pectoral muscle condition, wing length and plumage coloration of passerines. *Anim. Behav.*, 58, 553–562.

<https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1154>

Jovani, R., & Serrano, D. (2001). Feather mites (Astigmata) avoid moulting wing feathers of passerine birds. *Animal Behaviour*, 62(4), 723–727.

<https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1814>

Jovani, R., & Serrano, D. (2004). Fine-tuned distribution of feather mites (Astigmata) on the wing of birds: The case of blackcaps *Sylvia atricapilla*.

*Journal of Avian Biology*, 35(1), 16–20. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2004.03213.x>

Knowles, S. C. L., Nakagawa, S., & Sheldon, B. C. (2009). Elevated reproductive effort increases blood parasitaemia and decreases immune function in birds: A meta-regression approach. *Functional Ecology*, 23(2), 405–415.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01507.x>

Lara, C. E., Cuervo, A. M., Calderón-F, D., Valderrama, S. V., & Cadena, C. D. (2012). A new species of wren (Troglodytidae: Thryophilus ) from the dry Cauca River Canyon, northwestern Colombia. *The Auk*, 129(3), 537–550.

<https://doi.org/10.1525/auk.2012.12028>

Leung, T. L. F., & Poulin, R. (2008). Parasitism, commensalism, and mutualism: Exploring the many shades of symbioses. *Vie et Milieu*, 58(2), 107–115.

Matthews, A. E., Larkin, J. L., Raybuck, D. W., Slevin, M. C., Stoleson, S. H., & Boves, T. J. (2018). Feather mite abundance varies but symbiotic nature of mite-host relationship does not differ between two ecologically dissimilar warblers. *Ecology and Evolution*, 8(2), 1227–1238.

<https://doi.org/10.1002/ece3.3738>

Meléndez, L., Laiolo, P., Mironov, S., García, M., Magaña, O., & Jovani, R. (2014).

Climate-Driven Variation in the Intensity of a Host-Symbiont Animal Interaction along a Broad Elevation Gradient. *PLOS ONE*, 9(7), 1–11.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101942>

Mestre, A., Mesquita-Joanes, F., Proctor, H., & Monrós, J. S. (2011). Different Scales of Spatial Segregation of Two Species of Feather Mites on the Wings of a Passerine Bird. *Journal of Parasitology*, 97(2), 237–244.

<https://doi.org/10.1645/GE-2585.1>

Mironov, S. V., & Proctor, H. C. (2008). The Probable Association of Feather Mites of the Genus *Ingrassia* (Analgoidea: Xolalgidae) with the Blue Penguin *Eudyptula minor* (Aves: Sphenisciformes) in Australia. *Journal of Parasitology*, 94(6), 1243–1248. <https://doi.org/10.1645/ge-1579.1>

Møller, A. P., Erritzøe, J., & Rózsa, L. (2010). Ectoparasites, uropygial glands and hatching success in birds. *Oecologia*, 163(2), 303–311.

<https://doi.org/10.1007/s00442-009-1548-x>

Nesbitt, S. A., Spalding, M. G., Candelora, K. L., Kubilis, P. S., Schwikert, S. T., Nesbitt, S. A. ;, Spalding, M. G. ;, Candelora, K. L. ;, & Kubilis, P. S. ; (2008). Body Mass Index (BMI) of normal Sandhill Cranes. *Proceedings of the North American Crane Workshop*, 10, 133–137.

O'Connor, B. (1982). Astigmata. In S. Parkers (Ed.), *Synopsis and Classification of Living Organism 2* (pp. 146–169).

O'Connor, B. (2009). Cohorte Astigmatina. In T. T. U. Press (Ed.), *A Manual of Acarology* (3rd ed.).

Pap, Péter L., Vágási, C. I., Osváth, G., Mureşan, C., & Barta, Z. (2010).

Seasonality in the uropygial gland size and feather mite abundance in house sparrows *Passer domesticus*: Natural covariation and an experiment. *Journal of Avian Biology*, 41(6), 653–661. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05146.x>

- Pap, Péter László, Tökölyi, J., & Szép, T. (2005). Host–symbiont relationship and abundance of feather mites in relation to age and body condition of the barn swallow (*Hirundo rustica*): an experimental study. *Canadian Journal of Zoology*, 83(8), 1059–1066. <https://doi.org/10.1139/z05-100>
- Poulin, R. (1991). Group-Living and Infestation by Ectoparasites in Passerines. *The Condor*, 93. <https://doi.org/10.2307/1368958>
- Proctor, H. C. (2003). FEATHER MITES (ACARI : STIGMATA ): Ecology, Behavior, and Evolution . *Annual Review of Entomology*, 48(1), 185–209. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112725>
- Rivera-Gutierrez, H. ., Lentijo-Jimenez, G. ., Chinome-Torres. G.A, Llano-Mejía, J., Matinez-Alvarado, D., Gonzalez-Quevedo, C., Gomez-Ahumada, M. ., & Parra, J. (2018). *Aves del Cañón del rio Cauca: Guía ilustrada de la avifauna en el área de influencia del proyecto Hidroituango* (U. de Antioquia (ed.); EPM).
- Soler, J. J., Peralta-Sánchez, J. M., Martín-Platero, A. M., Martín-Vivaldi, M., Martínez-Bueno, M., & Møller, A. P. (2012). The evolution of size of the uropygial gland: Mutualistic feather mites and uropygial secretion reduce bacterial loads of eggshells and hatching failures of European birds. *Journal of Evolutionary Biology*, 25(9), 1779–1791. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2012.02561.x>
- Stefan, L. M., Gómez-Díaz, E., Elguero, E., Proctor, H. C., McCoy, K. D., & González-Solís, J. (2015). Niche Partitioning of Feather Mites within a Seabird Host, *Calonectris borealis*. *PLOS ONE*, 10(12), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144728>