



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE  
LA SALUD ANIMAL  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE HEMOPARÁSITOS EN AVES SILVESTRES DE  
MORELOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
**MAESTRA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

PRESENTA  
**MERIT GONZÁLEZ OLVERA**

TUTOR  
José Juan Martínez Maya. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

COMITÉ TUTOR  
Gerardo Suzán Aspíri. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM  
María Marcela Osorio Beristain Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la  
Producción y de la Salud Animal

México, D.F.

ENERO 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

A mis padres por apoyarme siempre y motivarme a seguir adelante, por haber confiado en mí y llevarme a alcanzar mis metas.

A una personita muy especial en mi vida, que nunca me ha abandonado, Juanito, muchas gracias por todo.

Al Doctor Héctor Quiroz Romero cuyas puertas siempre han estado abiertas para ofrecerme los mejores consejos.

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, el doctor José Juan Martínez Maya por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo en todas las etapas del proyecto.

A mis asesores, el doctor Gerardo Suzán Aspíri y la doctora Marcela Osorio Beristain por aceptarme como alumna en este proyecto y guiarme a través de él.

Agradezco al doctor Filiberto Malagón Gutiérrez, jefe del laboratorio de malariología de la facultad de Medicina de la UNAM por su asesoría en el estudio de malaria en aves y a la M en C Elba Carrasco Ramírez por su ayuda en el laboratorio con la tinción de las muestras.

Al MVZ José Agustín Jiménez Rodríguez por su apoyo con los materiales de laboratorio.

A Guillermo Rodríguez Rivera del Departamento de Reproducción de la FMVZ por facilitarme acceso al palomar.

A todos mis compañeros y amigos que me ayudaron durante los muestreos, Omar García, Monica Jacinto, Daniel Cardozo, Jorge de la Garza, Erika Ornelas, Neida Nieto, y de manera muy especial a Arturo Hernández Colina.

Se extiende un agradecimiento al Doctor Carlos Gustavo Vázquez Peláez por su ayuda con las pruebas estadísticas realizadas en este trabajo.

Finalmente quiero agradecer al Doctor Diego Santiago Alarcón por su asesoría en la identificación de hemoparásitos.

## RESUMEN

GONZÁLEZ OLVERA MERIT. Estudiante del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y De la Salud Animal. Posgrado de Ciencias de Salud y Producción Animal. Determinación de la presencia de hemoparásitos en aves silvestres en el Estado de Morelos. Bajo la dirección de: MVZ Doctor José Juan Martínez Maya, MVZ Phd Gerardo Suzán Aspíri y Biol. Phd María Marcela Osorio Beristain.

Los hemoparásitos son organismos que viven en la sangre del hospedero durante al menos una etapa de su desarrollo. México tiene una gran diversidad de aves, pero la información acerca de hemoparásitos en ellas es escasa. El objetivo de este trabajo fue identificar hemoparásitos en aves silvestres de la Sierra de Huautla, Morelos, México, para ello se realizó un muestreo en tres zonas definidas de mayor a menor grado de conservación como: conservada, perturbada y agrícola. Durante 2 temporadas, secas y lluvias (Marzo y Julio del 2013), las aves se capturaron utilizando redes de niebla, y se obtuvo sangre por corte de uña o por punción de la vena braquial. Se capturaron 142 aves de 24 géneros y 33 especies. La frecuencia de hemoparásitos encontrados en ambos periodos fue de 28.2% para *Haemoproteus* spp, 2.1% para *Plasmodium* spp y 4.9% para microfilarias; en total 28.8% de los individuos presentaron hemoparásitos. La intensidad de infección fue: 26 aves con una intensidad baja ( $< 0.1\%$ ), 13 con media ( $0.1-0.5\%$ ) y una con alta ( $> 0.5\%$ ). No se encontraron diferencias estadísticas en las hemoparasitosis por temporada de captura ( $p = 0.8$ ), ni por grado de conservación de la zona ( $p = 0.6$ ). La ausencia de diferencias estadísticas por zona y temporada pueden atribuirse al tamaño de muestra. Aunque el modelo lineal generalizado indica que hay menor probabilidad de que un ave se infecte en una zona perturbada ( $p > 0.03$ ) que en una zona agrícola o conservada. Este es el primer trabajo sobre hemoparásitos realizado en Morelos por lo que se recomienda realizar estudios con un mayor esfuerzo de muestreo en

periodos de tiempo más largos en la zona para comparar los datos obtenidos y ver si el patrón aquí presentado es constante.

Palabras clave:

Aves silvestres, *Haemoproteus* spp, Hemoparásitos, medicina de la conservación, microfilaria

## ABSTRACT

Blood parasites live in the blood's host for at least one of their development stages. Mexico has great bird diversity, but information on blood parasites is scarce. A non probabilistic sampling was performed on three zones with different degree of conservation, from most conserved to least: pristine, disturbed, harvest, during 2 seasons: dry and rain (March and July 2013). Birds were captured using mist nets, blood samples were obtained by toe clip or puncturing the braquial vein, soon after birds were set free. 142 birds belonging to 24 genera and 33 species were captured. Frequency of blood parasites found on both seasons were 28.2% for *Haemoproteus* spp, 2.1% for *Plasmodium* spp and 4.9% for microfilaria, (total of infected individuals were 28.8%). Intensity of infection found on erythrocytes was: 26 birds with low infection ( $< 0.1\%$ ), 13, medium, ( $0.1-0.5\%$ ) and one, with high intensity ( $> 0.5\%$ ). No statistical differences were found on blood parasite prevalence by capture season ( $p = 0.6$ ) or degree of conservation of the sampling zone ( $p = 0.8$ ). The absence of statistical differences by zone and season could be attributed to the sample size. Although the generalized linear model indicates that probability of getting infected is lower on a disturbed area ( $p > 0.03$ ) than in a harvest or pristine area. This is the first work on blood parasite for Morelos, which is why we recommend performing studies with a greater sampling efforts during longer periods of time on the zone to compare the obtained data and check if the pattern presented here remains constant.

Key words:

Blood parasites, wild birds, *Haemoproteus*, microfilaria, conservation medicine

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	III
ABSTRACT .....	V
LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE CUADROS .....	IX
LISTA DE ANEXOS .....	X
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
2. MATERIAL Y MÉTODOS .....	8
2.1 Lugar de muestreo .....	8
2.2 Diseño .....	8
2.3 Captura de aves .....	10
2.4 Identificación de hemoparásitos .....	12
2.5 Análisis de datos .....	13
3. RESULTADOS .....	14
3.1 Captura de aves .....	14
3.2 Presencia de hemoparásitos .....	20
3.3 Intensidad de infección .....	26
4. DISCUSIÓN .....	30
5. LITERATURA CITADA .....	36
6. ANEXOS .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
2.2.1 Mapa del lugar de muestreo, indicando la ubicación de cada zona muestreada .....	9
2.2.2 Mapa de las zonas elegidas para realizar el muestreo .....	10
2.4.1 <i>Icterus wagleri</i> con un anillo en la pata derecha .....	11
2.4.2 Toma de muestra de sangre en un <i>Passerina leclancherii</i> capturado en la Sierra de Huautla 2013.	
a) Corte de uña .....	12
b) Obtención de una gota de sangre para la realización de un frotis .....	12
3.1.1 Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en marzo del 2013.	
a) Cinco individuos de la especie <i>Passerina cyanea</i> , una hembra adulta arriba, dos machos adultos en el medio, dos machos jóvenes abajo ...	15
b) Ejemplar de <i>Columbina inca</i> .....	15
3.1.2 Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en julio del 2013.	
a) <i>Columbina inca</i> .....	16
b) <i>Melanerpes hypopolius</i> .....	16
c) <i>Spinus psaltria</i> .....	16
3.1.3 Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en marzo y julio del 2013.	
a) <i>Columbina inca</i> .....	18
b) <i>Melanerpes hypopolius</i> .....	18
c) <i>Turdus rufopalliatatus</i> .....	18
3.1.4 Curvas de acumulación de especies en la temporada de secas y lluvias	

en la Sierra de Huautla .....	19
3.1.5 Curvas de acumulación de especies para las aves capturadas en temporada de secas y lluvias en la Sierra de Huautla ajustada con el modelo de Clench .....	20
3.2.1 Hemoparásitos encontrados en la Sierra de Huautla en marzo del 2013.	
a) <i>Haemoproteus</i> spp observado con un aumento de 1000x .....	21
b) <i>Microfilaria</i> observada con un aumento de 1000x .....	21
3.2.2 <i>Thryophilus pleurostictus</i> capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con ácaros en la zona pericloacal .....	21
3.2.3 Hemoparásitos encontrados en las aves muestreadas en la Sierra de Huautla en marzo del 2013.	
a) <i>Haemoproteus</i> spp .....	22
b) <i>Microfilaria</i> .....	22
3.2.4 <i>Myiarchus tuberculifer</i> capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con ácaros debajo de la pata .....	22
3.2.5 Prevalencia de hemoparásitos e intervalos de confianza (95%) en la temporada de secas y lluvias .....	24
3.2.6 Prevalencia de hemoparásitos e intervalos de confianza (95%) en los sitios agrícola, conservado y perturbado .....	26
3.3.1 Frotis sanguíneo de un <i>Icterus pustulatus</i> capturado en la Sierra de Huautla en el 2013 con una intensidad de infección por <i>Haemoproteus</i> spp alta, en la cual se aprecian 5 eritrocitos infectados .....	28
3.3.2 <i>Icterus pustulatus</i> capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con una mala condición corporal y plumas en mal estado .....	28
3.3.3 Intensidad media e intervalos de confianza (95%) en las aves infectadas con hemoparásitos capturadas en la Sierra de Huautla, Morelos 2013.	
a) Intensidad por zona .....	29
b) Intensidad por temporada .....	29

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1.1 Frecuencia de aves capturadas en temporada de secas en la Sierra de Huautla, Morelos, México en marzo de 2013 .....	14
3.1.2 Frecuencia de aves capturadas en temporada de lluvias en la Sierra de Huautla, Morelos, México en julio de 2013 .....	16
3.1.3 Frecuencia de aves capturadas en temporada de secas y lluvias en la Sierra de Huautla, Morelos, México, marzo y julio del 2013 .....	17
3.2.1 Frecuencia de hemoparásitos en 142 aves capturadas en la Sierra de Huautla en marzo y julio de 2013 .....	23
3.2.2 Probabilidad de infección por sitio y temporada de acuerdo al GLM ...	25
3.2.3 Frecuencia de hemoparásitos según la zona de captura en la Sierra de Huautla, Morelos en marzo y julio de 2013 .....	25
3.3.1 Intensidad de infección de hemoparásitos en 40 aves capturadas en marzo y julio de 2013 en la Sierra de Huautla, Morelos, México .....	27
3.3.2 Probabilidad de parasitemia por sitio y temporada de acuerdo al GLM .....	29

## LISTA DE ANEXOS

Anexo	Página
I Frecuencia de ácaros en 142 aves capturadas en marzo y julio del 2013 en la Sierra de Huautla, Morelos .....	44

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Los hemoparásitos son un grupo heterogéneo de organismos transmitidos a través de vectores, que se caracterizan por vivir en la sangre de un hospedero (definitivo o intermediario) durante al menos una de las etapas de su desarrollo.<sup>1</sup> Se han encontrado hemoparásitos en el 68% de las aves que han sido examinadas hasta 1991.<sup>2</sup> Los parásitos más frecuentemente encontrados en frotis de sangre periférica incluyen a los protozoarios *Haemoproteus* spp (67%), *Plasmodium* spp (41.5%) y *Leucocytozoon* spp (39%);<sup>2</sup> además de los géneros *Trypanosoma* spp, *Babesia* spp, *Atoxoplasma* spp, *Hepatozoon* spp y microfilarias que se encuentran con menor frecuencia.<sup>1</sup>

El grado en que los hemoparásitos producen efectos negativos en sus hospederos depende de diversos factores: aquellos inherentes al hospedero, como estado fisiológico, edad,<sup>3</sup> y su genética, que determina la resistencia a los hemoparásitos; los correspondientes al ambiente, como disponibilidad de alimento,<sup>4</sup> y eventos estresantes, y los del hemoparásito como la genética del mismo que determina su virulencia.<sup>5</sup>

Las aves infectadas con hemoparásitos generalmente no muestran problemas de salud.<sup>6, 7, 8, 9</sup> Sin embargo, esto puede deberse a la dificultad que representa trabajar con animales silvestres, en los que es difícil hacer seguimiento, examinar los cadáveres<sup>10</sup> o determinar en qué fase de la enfermedad se encuentran, ya que esta presenta variaciones temporales y espaciales;<sup>3</sup> además, las aves infectadas que se capturan con redes de niebla representan individuos que sobrevivieron la etapa aguda de infección y son capaces de moverse.<sup>11</sup>

Los hemoparásitos pueden afectar la salud de sus hospederos; por ejemplo, *Plasmodium relictum* se ha reportado como la principal causa de mortalidad en pingüinos en cautiverio<sup>12</sup> y ha causado la extinción de especies como: *Melamprosops phaeosoma*, *Hemignathus lucidus*, *Loxops coccineus ochraceus*, *L. coccineus wolstenholmei*, *Psittirostra psittacea* además del decline de poblaciones de aves hawaianas; (*Oreomystis mana*, *Himatione sanguinea*; *Hemignathus virens*; *Vestiaria coccinea*; *H. munroi*).<sup>13,14</sup> En casos crónicos este parásito causa efectos negativos en la eclosión y aparición de plumas en los polluelos en poblaciones silvestres.<sup>3, 15</sup> En el caso de las aves domésticas, se reporta que las gallinas son altamente susceptibles a *Plasmodium gallinaceum* con tasas de mortalidad superiores al 90%.<sup>16,17,18</sup>

*Haemoproteus* spp es el hemoparásito más frecuentemente encontrado;<sup>1</sup> se ha demostrado que afecta de forma negativa las actividades reproductivas de las aves<sup>19</sup> y las infecciones crónicas con este parásito disminuyen la sobrevivencia de aves silvestres; así mismo<sup>20, 21</sup> se teme que pueda convertirse en una enfermedad emergente ya que las aves migratorias tienen un papel importante en su transmisión.<sup>12</sup>

Las microfilarias generalmente son inocuas; aunque se ha demostrado una alta patogenicidad de ciertas especies como: *Splendidofilaria caperata* que causa inflamación crónica en las paredes de las arterias pulmonares, *S. eurycerca* produce hemorragia e inflamación miocárdial, necrosis y fibrosis; *Eulimdana clava*, causa pérdida de plumas en cabeza, cuello, espalda y alas; *Pelecitus* spp, produce inflamación, nódulos en piernas y pies y tendosinovitis en psitácidos<sup>22</sup> además se menciona como una posible zoonosis.<sup>23</sup>

Los parásitos descritos anteriormente son transmitidos por vectores, de modo que al ser alterada la abundancia de los vectores se modifica la tasa de transmisión de los hemoparásitos, lo cual provoca diferencias en la prevalencia de los mismos.

Los factores que determinan la abundancia de los vectores, son la estación del año, puesto que las condiciones climáticas influyen en sus ciclos de vida;<sup>6</sup> y la precipitación, ya que la lluvia promueve la reproducción y la supervivencia del vector.<sup>24</sup>

La mayoría de los estudios sobre hemoparásitos se han realizado en zonas templadas y no en áreas tropicales, esto es crítico para dimensionar el problema, ya que en los trópicos la biodiversidad es mayor y al mismo tiempo la destrucción del hábitat ha sido más intensa, lo que puede generar un mayor riesgo de surgimiento de enfermedades.<sup>25</sup>

La pérdida y fragmentación de hábitat puede contribuir a la presentación de brotes de enfermedades infecciosas por mecanismos directos e indirectos.<sup>25, 26, 27</sup> De forma directa al transformar áreas boscosas alterando las condiciones del agua, tierra, microclima y biota originales, y las vuelve favorables para la proliferación y esparcimiento de vectores de la enfermedad o especies de hospederos que son reservorios competentes para un patógeno.<sup>24, 28</sup> Como ejemplo de este fenómeno, se tiene identificado un aumento en los vectores de malaria (*Anopheles* sp) debido a condiciones microclimáticas óptimas en áreas deforestadas, y también un aumento en la exposición de aves canoras al Virus del Oeste del Nilo al aumentar los niveles de urbanización.<sup>25</sup>

De forma indirecta, la pérdida y fragmentación de hábitat también pueden contribuir a la presencia de brotes de enfermedad a través de la pérdida de la biodiversidad. Se ha sugerido que la biodiversidad juega un papel importante disminuyendo la prevalencia de infecciones entre hospederos debido al efecto de dilución.<sup>25, 29</sup> En ecosistemas sin perturbar, la biodiversidad tiende a ser mayor y con una distribución más uniforme. Si una comunidad incluye, reservorios competentes y no competentes, los hospederos potenciales que son malos reservorios diluirán la oportunidad del patógeno de diseminarse. En contraste, en

una comunidad perturbada puede haber una tendencia en la composición de las especies hacia la dominancia de unas pocas especies generalistas. Si estas especies son hospederos competentes, los patógenos se esparcirán más fácilmente.<sup>25</sup>

Debido a esto una mayor diversidad puede disminuir la prevalencia de las enfermedades a través de diferentes mecanismos; reduciendo la probabilidad de transmisión de la enfermedad, debido a la disminución en la tasa de encuentro,<sup>30</sup> reduciendo el número de hospederos susceptibles y la densidad de los vectores y aumentando la tasa de recuperación de los hospederos infectados.<sup>29</sup> Se tienen varios ejemplos de cómo la diversidad disminuye la presentación de enfermedades, tal es el caso de Virus del Oeste del Nilo que se reduce en lugares con mayor diversidad de aves.<sup>29</sup> o infecciones de *Ribeiroia ondatrae* que se reducen de 11-65% en anfibios cuando aumenta la diversidad de los mismos.<sup>31</sup>

Aunque, también es posible que una mayor diversidad produzca el efecto contrario, es decir, la amplificación de la enfermedad. Por ejemplo, cuando el vector tiene preferencias alimenticias sobre un hospedero con alta habilidad de transmisión;<sup>32, 33</sup> cuando existen parásitos generalistas que se desarrollen en varios hospederos;<sup>34</sup> o al introducir especies que modifican la tasa de encuentros. Las especies introducidas pueden amplificar la circulación de patógenos locales, si son buenos reservorios, o al servir como hospederos competentes para los vectores, aumentando así sus cantidades y actividades.

En México grandes extensiones de bosque y selvas tropicales han sido modificadas dramáticamente por el establecimiento de pastizales y zonas de cultivo<sup>35</sup> dejando como resultado áreas fragmentadas que afectan la distribución de diferentes especies animales.<sup>27</sup> A nivel mundial México ocupa el décimo primer lugar, en número de especies de aves, además de ser el país donde más de la mitad de las especies de aves migratorias norteamericanas pasan entre seis y

ocho meses del año;<sup>36</sup> pese a esta situación, sólo se cuenta con unos pocos estudios acerca de hemoparásitos en aves silvestres realizados en Chiapas,<sup>37</sup> Baja California,<sup>38</sup> Quintana Roo,<sup>39</sup> Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.<sup>40</sup>

En el estado de Morelos, cerca del 60% de la vegetación original se ha perdido;<sup>41</sup> aunque en el sureste del estado, se encuentra un área conservada de selva baja ubicada en la Sierra de Huautla, recientemente (2000) fue decretada “Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla”, la cual cuenta con una superficie de 59,031 ha, siendo el remanente más importante de selva seca en la zona centro-sur de México.<sup>42</sup>

Para la Sierra de Huautla se tienen registros de 177 especies de aves pertenecientes a 127 géneros, 42 familias y 17 órdenes, que representa 49.03% de la avifauna del estado<sup>43</sup> y 16.79% de la avifauna nacional.<sup>44</sup> De igual forma, se reporta que 60.45% de las especies registradas en lo zona son residentes, y el 39.54% restantes son migratorias.<sup>42</sup>

## **JUSTIFICACIÓN**

Las áreas naturales de México han sufrido modificaciones, afectando la diversidad de sus organismos y sus interacciones; esta perturbación del hábitat podría modificar la prevalencia de hemoparásitos y aumentar el riesgo de presentar epizootias. Sin embargo, al no contar con un registro de la diversidad de hemoparásitos, no es posible establecer un estado epidemiológico, o saber si la alteración del hábitat influye en estas. Los hemoparásitos producen un detrimento en la salud de los hospederos y en algunos casos la muerte, además de ser potencialmente zoonóticos. Ni el estado de Morelos ni la Sierra de Huautla han sido estudiados para determinar la presencia y diversidad de hemoparásitos en aves silvestres, por lo que se considera necesario realizar un estudio que describa la situación actual de esta zona para en su caso, sugerir acciones en programas de conservación y de control de enfermedades.

## **HIPÓTESIS**

Los vectores que transmiten parásitos sanguíneos necesitan preferentemente altas humedades y temperaturas para su proliferación, en la temporada de lluvias las condiciones ambientales son propicias para el desarrollo de estos vectores por lo que se espera un mayor número de aves infectadas por hemoparásitos en esta temporada. Así mismo la destrucción y fragmentación del hábitat altera las interacciones entre los organismos y debido al efecto de dilución se espera una mayor prevalencia de hemoparásitos en las zonas más perturbadas.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

- ❖ Evaluar la presencia hemoparásitos en aves silvestres capturadas en la Sierra de Huautla, Morelos.

**Específicos:**

- ❖ Determinar la relación entre la presencia de hemoparásitos y la perturbación del hábitat.
- ❖ Determinar la relación entre la presencia de hemoparásitos y las temporadas de lluvias y secas.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1 Lugar de muestreo**

Tepalcingo, Morelos

El estudio se realizó en la Sierra de Huautla, que se localiza al sur del Estado de Morelos, en la localidad del Limón, perteneciente al municipio de Tepalcingo, cuyas coordenadas geográficas son 18°53'11.11"N, 98°93'75"O, su altitud es de 1250 msnm, presenta un clima tropical subhúmedo con lluvias en verano (Aw), una temperatura media anual de 24.3°C y una precipitación anual promedio de 885.3 mm<sup>3</sup>.<sup>45</sup> Esta área ha presentado diferentes niveles de perturbación ecológica, actualmente sus habitantes se dedican en su mayoría a la agricultura y ganadería.<sup>41</sup>

### **2.2 Diseño de muestreo**

Se consideraron tres zonas con diferentes características de cobertura vegetal, aunque con el mismo clima y altitud para poder hacer comparaciones en cuanto a los resultados obtenidos. Las zonas fueron una zona conservada (18°32'47.9"N, 98°56'43.9"O), una zona perturbada (18°32'40.4"N, 98°55'35.8"O) y una zona agrícola (18°33'10.9"N, 98°56'35.7"O), cada una localizadas a 1.5 km de distancia entre ellas, y dentro de las cuales se establecieron 3 puntos de captura, cada punto estaba separado 200 m con respecto a los otros dos puntos; así mismo se designó un punto para procesar a las aves capturadas alejado de los puntos de captura para no ahuyentar a las aves que podrían caer en las redes. Los sitios fueron seleccionados a través de un mapeo de la zona realizado por el Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, que clasificó la cobertura vegetal de la Sierra de Huautla.

La ubicación geográfica del lugar de muestreo se muestra en la figura 2.2.1 y en la figura 2.2.2 se muestra un mapa que clasifica zonas de acuerdo a la vegetación de la localidad El Limón; también muestra las tres zonas de muestreo y sus coordenadas.

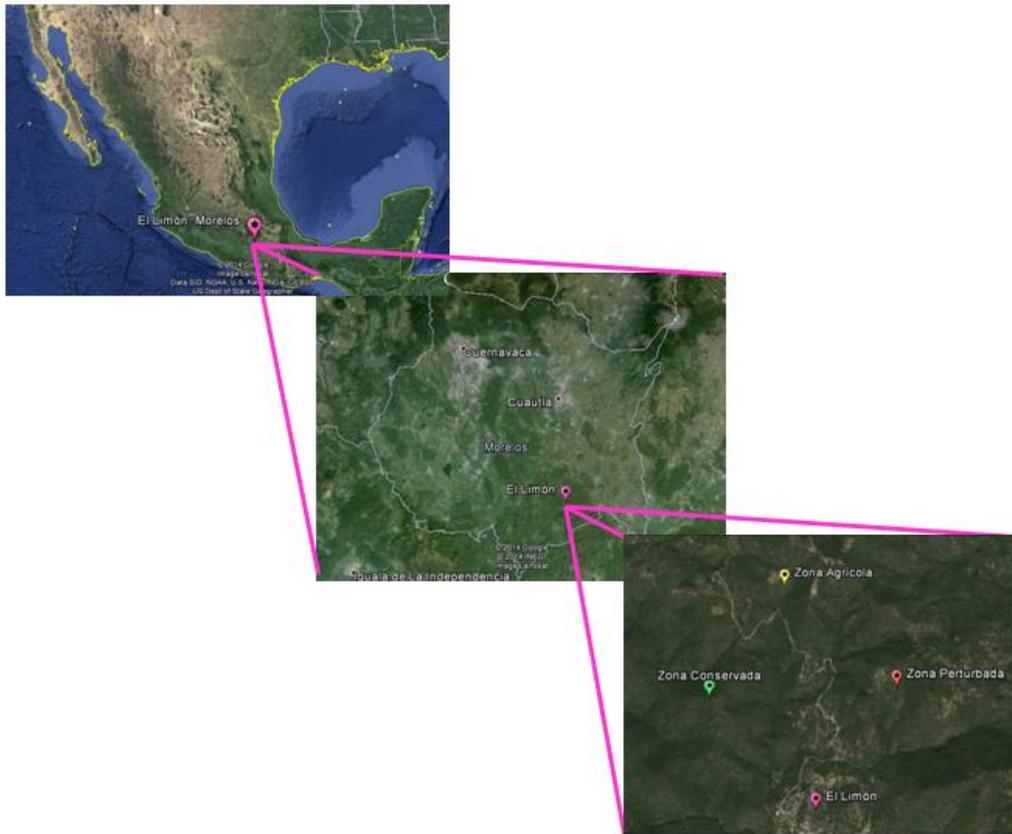


Figura 2.2.1. Mapa del lugar de muestreo, indicando la ubicación de cada zona muestreada. Tomada de Google earth versión 7.1.2.2041.

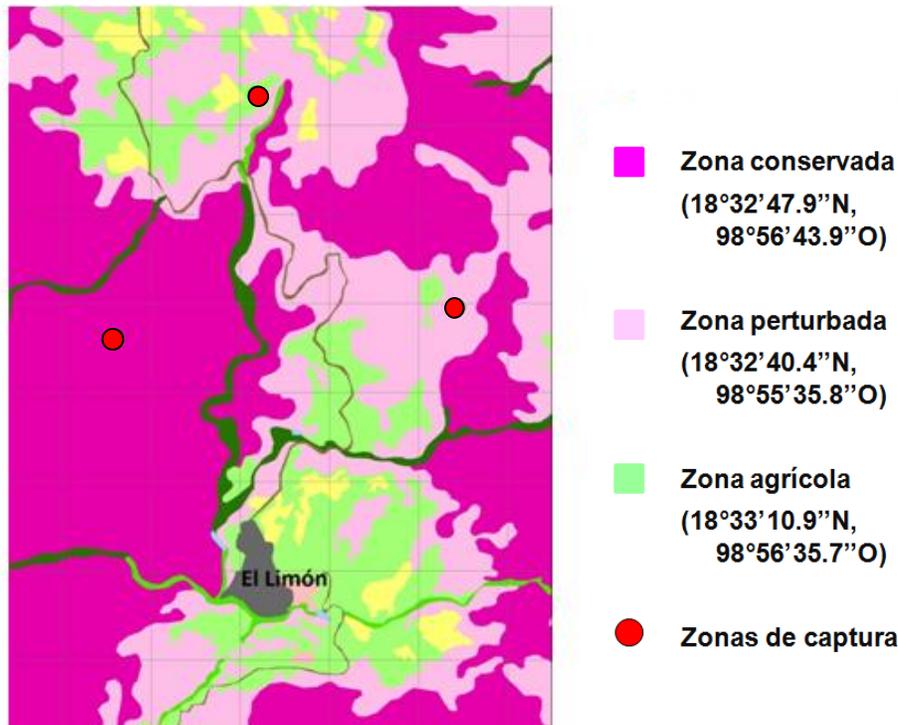


Figura 2.2.2. Mapa de las zonas elegidas para realizar el muestreo. Imagen proporcionada por el Dr. Valentino Sorani.

### 2.3 Captura de aves

Se obtuvo un permiso para colecta científica de SEMARNAT con número de bitácora 09/01-1881/10/13 para ello se utilizaron 6 redes de niebla<sup>46</sup> de 12 m de longitud durante los meses de Marzo y Julio del 2013, las redes fueron colocadas de 06:00-11:00 am a una altura de 3 m, se revisaron cada 30 minutos para evitar que las aves que hubieran quedado atrapadas se deshidrataran, las aves capturadas fueron retiradas de las redes e introducidas en bolsas de manta, para ser transportadas al sitio de procesamiento buscando que sufrieran el menor estrés posible. Se muestreó una zona por día, colocando 2 redes de forma paralela en cada uno de los 3 puntos seleccionados aleatoriamente.

Se registró la especie de las aves capturadas con la ayuda de las guías de aves Howell & Webb (1995)<sup>47</sup> y Van Perlo 2006<sup>48</sup>. La nomenclatura taxonómica se apegó a la más reciente revisión de la American Ornithologists Union (AOU 1998).

Se examinó a cada animal capturado para evaluar su estado de salud, observando el estado de las plumas, de la piel, buscando heridas, y ectoparásitos; de igual forma se anotó si se trataba de captura o recaptura; a cada ejemplar se le colocó un anillo de plástico en la pata con un número de identificación como se muestra en la figura 2.4.1.<sup>49</sup>



*Icterus wagleri* con un anillo en la pata derecha.

Posteriormente se obtuvieron 3 gotas de sangre por corte de uña, o por punción de la vena braquial o metatarsal de las aves<sup>50</sup> (figura 2.4.2a y b); una vez obtenida la muestra, las aves se dejaron en libertad.

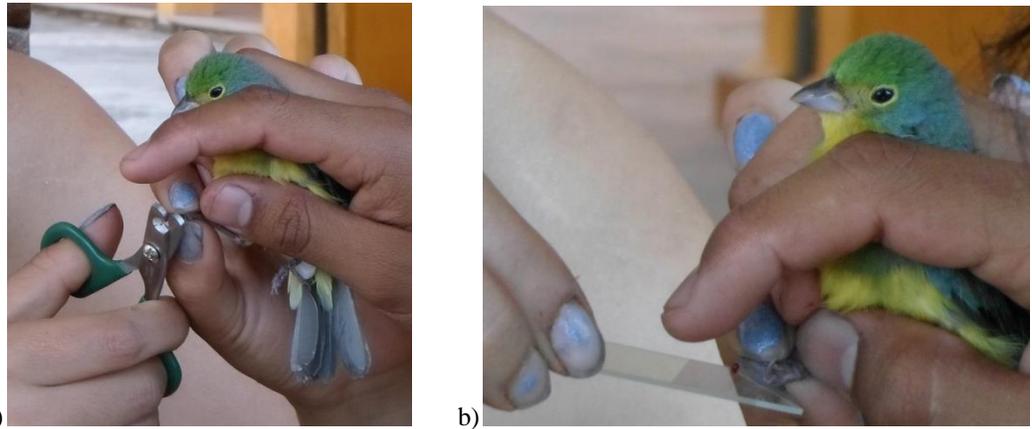


Figura 2.4.2. Toma de muestra de sangre en un *Passerina leclancherii* capturado en la Sierra de Huautla 2013. a) Corte de uña. b) Obtención de una gota de sangre para la realización de un frotis.

Con la sangre obtenida se realizaron tres frotis de capa fina por cada ejemplar y se les asignó un número; los frotis se dejaron secar al ambiente y se fijaron sumergiéndolos en metanol al 100% en campo.

## 2.4 Identificación de hemoparásitos

Los frotis fueron teñidos con Giemsa a un pH 7.2 durante 30 minutos<sup>51</sup> y cada uno fue revisado individualmente durante 30 minutos en el objetivo 100x con aceite de inmersión, cambiando de campo constantemente.<sup>52</sup>

Los hemoparásitos encontrados se identificaron de acuerdo a los métodos propuestos por Valkiunas (2005).<sup>11</sup> Para evitar la determinación incorrecta de *Plasmodium* spp y *Haemoproteus* spp, debido a las similitudes en sus formas sexuales, *Plasmodium* spp fue identificado por la presencia de ambos, merontes y gametocitos en los frotis sanguíneos; mientras que las infecciones por *Haemoproteus* spp se caracterizan por la presencia únicamente de gametocitos en sangre periférica.<sup>53</sup>

Así mismo se calculó la intensidad de la infección como porcentaje, contando el número de parásitos por 2000 eritrocitos, según lo recomendado por Godfrey (1987)<sup>54</sup> y se realizó una clasificación en tres grados: las infecciones con *Haemoproteus* spp y *Plasmodium* spp se clasificaron como bajas si menos del 0.1% de los eritrocitos estaban afectados, como medias si 0.1-0.5% de los eritrocitos estaban afectados y alta si más del 0.5% de los eritrocitos estaban afectados.<sup>1</sup>

## **2.5 Análisis de los datos**

Se obtuvieron las abundancias de captura de las aves por temporada y zona; las frecuencias de hemoparásitos por temporada y zona, así como la intensidad de infección de los hemoparásitos. Se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando los programas Estimate S 9.0 y Statistica.

Se utilizó el programa Quantitative Parasitology 3.0<sup>55</sup> para obtener la mediana de la prevalencia y de la intensidad de infección, así como sus Intervalos de confianza al 95%. Se realizó una prueba de Fisher para hacer comparaciones entre la prevalencia de hemoparásitos y el sitio de captura de aves y la temporada del año, también se comparó la intensidad de infección contra el sitio de captura de aves y la temporada del año. Se realizaron modelos lineales generalizados (**GLMs**) utilizando el programa R v.3.0.2 (R Core Team 2012) para estimar la probabilidad de que un ave se infecte, y que su carga parasitaria sea mayor o menor, de acuerdo al sitio de captura y a la temporada del año.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Captura de aves

En el muestreo realizado durante el mes de marzo de 2013 (en la época de secas) se capturaron 41 aves pertenecientes a 12 géneros y 17 especies. En la zona agrícola se capturó una mayor cantidad de aves (24) y de especies (14); en comparación con las zonas perturbada (15 aves), (7 especies) y conservada (2 aves), (2 especies) respectivamente (Cuadro 3.1.1).

**Cuadro 3.1.1. Frecuencia de aves capturadas en temporada de secas en la Sierra de Huautla, Morelos, México en marzo de 2013**

Orden	Familia	Especies	Zona conservada	Zona perturbada	Zona agrícola	n	%	
<i>Apodiformes</i>	<i>Trochilidae</i>	<i>Heliomaster constantii</i>		1		1	2.4	
		<i>Lampornis clemenciae</i>		1		1	2.4	
<i>Columbiformes</i>	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina inca</i>		2	4	6	14.6	
<i>Passeriformes</i>	<i>Cardinalidae</i>	<i>Passerina cyanea</i>		6	1	7	17	
		<i>Passerina leclancherii</i>		1		1	2.4	
		<i>Passerina versicolor</i>				1	1	2.4
	<i>Emberizidae</i>	<i>Peucaea botterii</i>				1	1	2.4
		<i>Peucaea humeralis</i>				4	4	9.7
		<i>Peucaea ruficauda</i>				2	2	5
	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus pustulatus</i>				1	1	2.4
<i>Troglodytidae</i>	<i>Thryophilus pleurostictus</i>	1			1	2.4		
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus rufopalliatus</i>	1			2	3	7.4	
<i>Tyrannidae</i>	<i>Contopus sordidulus</i>				1	1	2.4	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>			1	2	3	7.4	
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>				3	3	7.4	
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>			3	1	4	9.7	
	<i>Xenotriccus mexicanus</i>				1	1	2.4	
	<b>Total</b>		2	15	24	41	100	

n. número total de especies capturadas

%. porcentaje que representa cada especie del total de aves capturadas

Las aves con mayor frecuencia de captura fueron *Passerina cyanea* y *Columbina inca* (figura 3.1.1) con una frecuencia de 17% y 14.6% respectivamente. *P. cyanea* es una especie migratoria, proveniente de Estados Unidos de América.



a)



b)

Figura 3.1.1. Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en marzo del 2013  
a) 5 individuos de la especie *Passerina cyanea*, una hembra adulta arriba, dos machos adultos en el medio, dos machos jóvenes abajo. b) Ejemplar de *Columbina inca*

En el periodo de muestreo realizado durante el mes de julio 2013 (en la época de lluvias), se capturaron 101 aves pertenecientes a 20 géneros y 28 especies. En la zona agrícola se capturó una mayor cantidad de aves (44) y de especies (18), en comparación con las zonas perturbada (40), (15) y conservada (17), (7) (Cuadro 3.1.2).

**Cuadro 3.1.2. Frecuencia de aves capturadas en temporada de lluvias en la Sierra de Huautla, Morelos, México, julio de 2013.**

Orden	Familia	Especies	Zona conservada	Zona perturbada	Zona agrícola	n	%	
<i>Apodiformes</i>	<i>Trochilidae</i>	<i>Amazilia beryllina</i>	1			1	0.98	
		<i>Amazilia violiceps ellioti</i>	3		1	4	3.9	
<i>Columbiformes</i>	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina inca</i>		11	5	16	15.9	
		<i>Columbina passerina</i>		2	2	4	3.9	
<i>Piciformes</i>	<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	2			2	1.9	
		<i>Melanerpes hypopolius</i>		7	4	11	10.8	
<i>Passeriformes</i>	<i>Cardinalidae</i>	<i>Passerina caerulea</i>		2	1	3	2.9	
		<i>Passerina leclancherii</i>		2		2	1.9	
		<i>Passerina versicolor</i>		1	2	3	2.9	
	<i>Emberizidae</i>	<i>Pheucticus chrysopleus</i>				1	0.98	
		<i>Peucaea humeralis</i>		2	4	6	5.9	
		<i>Peucaea ruficauda</i>			1	1	0.98	
	<i>Furnaridae</i>	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	1			1	0.98	
	<i>Fringilidae</i>	<i>Haemorhous mexicanus</i>			1		1	0.98
		<i>Spinus psaltria</i>				9	9	8.9
	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus pustulatus</i>		3		3	2.9	
	<i>Icterus wagleri</i>				1	1	0.98	
	<i>Molothrus aeneus</i>	2	2	2	6	5.9		
<i>Troglodytidae</i>	<i>Campylorhynchus jocosus</i>				1	1	0.98	
	<i>Thryophilus pleurostictus</i>	2			2	1.9		
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus rufopalliatus</i>	6	1	1	8	7.9		
<i>Tyrannidae</i>	<i>Contopus sordidulus</i>			1		1	0.98	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>			2	2	4	3.9	
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>			1	3	4	3.9	
	<i>Myiopagis viridicata</i>			1		1	0.98	
	<i>Pitangus sulphuratus</i>			1		1	0.98	
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>				3	3	2.9	
	<i>Toxostoma curvirostre</i>				1	1	0.98	
<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>101</b>	<b>100</b>	

n. número total de especies capturadas

%. porcentaje que representa cada especie del total de aves capturadas

Las aves con mayor frecuencia de captura fueron *Columbina inca*, *Melanerpes hypopolius* y *Spinus psaltria* (figura 3.1.2) representando el 15.9%, 10.8% y 8.9% de la captura respectivamente.



Figura 3.1.2. Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en julio del 2013.

a) *Columbina inca*. b) *Melanerpes hypopolius*. c) *Spinus psaltria*.

En conjunto, los periodos de muestreo de marzo y julio (época de secas y lluvias) 2013 se capturaron 142 aves pertenecientes a 24 géneros y 33 especies, en la zona agrícola se capturó una mayor cantidad de aves (67) y de especies (23), en comparación con las zonas perturbada (56 aves), (20 especies) y conservada (19 aves), (8 especies) respectivamente (Cuadro 3.1.3).

**Cuadro 3.1.3. Frecuencia de aves capturadas en temporada de secas y lluvias en la Sierra de Huautla, Morelos, México en marzo y julio del 2013**

Orden	Familia	Especies	Zona conservada	Zona perturbada	Zona agrícola	n	%	
<i>Apodiformes</i>	<i>Trochilidae</i>	<i>Amazilia beryllina</i>	1			1	0.7	
		<i>Amazilia violiceps ellioti</i>	3		1	4	2.8	
		<i>Heliomaster constantii</i>		1		1	0.7	
		<i>Lampornis clemenciae</i>		1		1	0.7	
<i>Columbiformes</i>	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina inca</i>		13	9	22	15.5	
		<i>Columbina passerina</i>		3	1	4	2.8	
<i>Piciformes</i>	<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes chrysogenys</i>	2			2	1.4	
		<i>Melanerpes hypopolius</i>		7	4	11	7.7	
<i>Passeriformes</i>	<i>Cardinalidae</i>	<i>Passerina caerulea</i>		2	1	3	2.1	
		<i>Passerina cyanea</i>		6	1	7	5.0	
		<i>Passerina leclancherii</i>		3		3	2.1	
		<i>Passerina versicolor</i>		1	3	4	2.8	
		<i>Pheucticus chrysopleus</i>				1	1	0.7
	<i>Emberizidae</i>	<i>Peucaea botterii</i>				1	1	0.7
		<i>Peucaea humeralis</i>			2	8	10	7.0
		<i>Peucaea ruficauda</i>				3	3	2.1
	<i>Furnaridae</i>	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	1			1	0.7	
	<i>Fringilidae</i>	<i>Haemorhous mexicanus</i>			1		1	0.7
		<i>Spinus psaltria</i>				9	9	6.3
	<i>Icteridae</i>	<i>Icterus pustulatus</i>			3	1	4	2.8
		<i>Icterus wagleri</i>				1	1	0.7
<i>Molothrus aeneus</i>		2	2	2	6	4.2		
<i>Troglodytidae</i>	<i>Campylorhynchus jocosus</i>				1	1	0.7	
	<i>Thryophilus pleurostictus</i>	3				3	2.1	
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus rufopalliatus</i>	7	1	3	11	7.7		
<i>Tyrannidae</i>	<i>Contopus sordidulus</i>			1	1	2	1.4	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>			3	4	7	5.0	
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>			1	6	7	5.0	
	<i>Myiopagis viridicata</i>			1		1	0.7	
	<i>Pitangus sulphuratus</i>			1		1	0.7	
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>			3	4	7	5.0	
	<i>Toxostoma curvirostre</i>					1	1	0.7
	<i>Xenotriccus mexicanus</i>					1	1	0.7
	<b>Total</b>			<b>19</b>	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>142</b>	<b>100</b>

n. número total de especies capturadas

%. porcentaje que representa cada especie del total de aves capturadas

Las aves con mayor porcentaje de captura fueron *Columbina inca*, *Melanerpes hypopolius* y *Turdus rufopalliatus* (figura 3.1.3) con 14.78%, 7.74% y 7.74% respectivamente.



Figura 3.1.3. Especies con la mayor frecuencia de captura en la Sierra de Huautla en marzo y julio del 2013. a) *Columbina inca*. b) *Melanerpes hypopolius*. c) *Turdus rufopalliatus*

En la figura 3.1.4 se observa que se capturó una mayor cantidad de aves en la zona agrícola seguida por la perturbada y esta a su vez por la conservada. Se muestra en la gráfica que para tener 23 especies se requirió capturar 67 individuos en la zona agrícola, para la zona perturbada se necesitó de 56 individuos para tener 20 especies y en la zona conservada sólo se capturaron 19 individuos de 7 especies. Es posible observar que las curvas no están alcanzando la asíntota, lo cual indica que se requiere capturar más aves para alcanzar el nivel de especies máximo; aparentemente la zona perturbada y agrícola se comportan de forma parecida. Por último se observa que los intervalos de confianza comparten valores así que no hay diferencia entre las zonas.

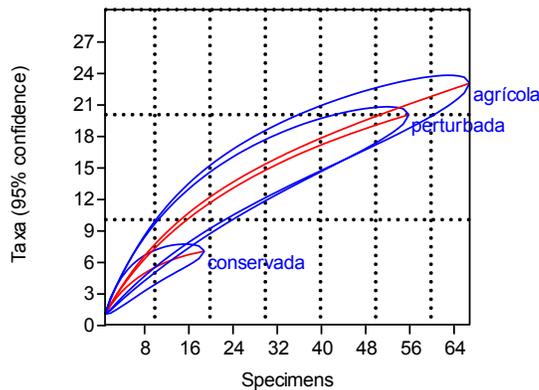


Figura 3.1.4. Curvas de acumulación de especies en la temporada de secas y lluvias según la zona de captura en la Sierra de Huautla.

La curva de acumulación de la figura 3.1.5 de especies ajustada con el modelo de Clench muestra que se logró capturar el 27%, 32% y 46% de las especies posibles en la temporada de secas, lluvias y ambas respectivamente. En todas las curvas se puede apreciar que no se logró tener un inventario completo, ya que la pendiente fue mayor a 0.1 y por ello, la curva no se acerca a la asíntota. También se observa que los intervalos de confianza de la temporada de secas y lluvias se juntan por lo que no hay diferencia significativa entre las capturas de ambas temporadas.

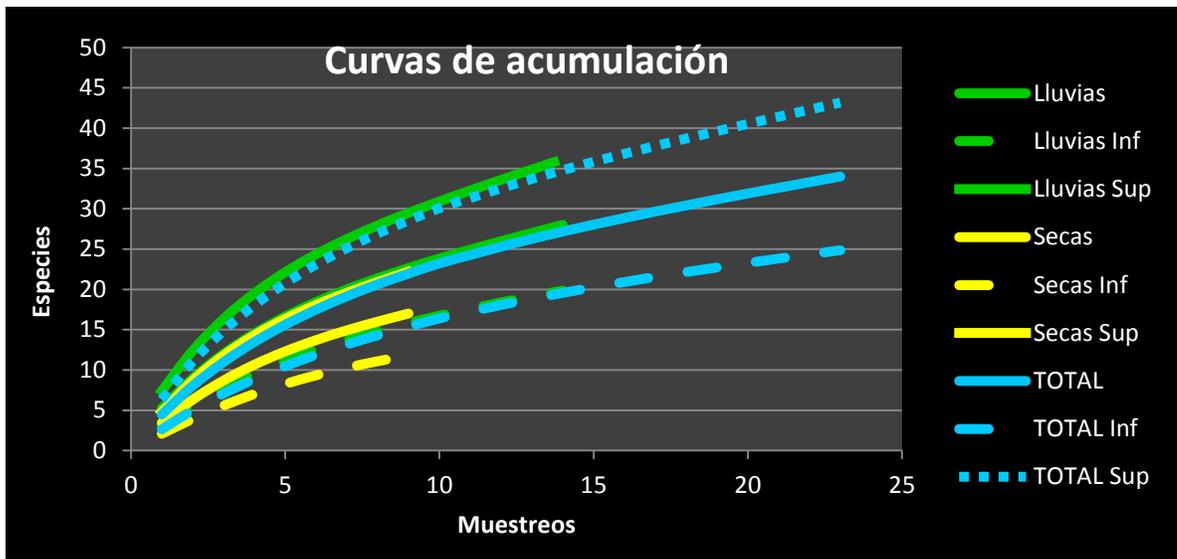


Figura 3.1.5. Curvas de acumulación de especies para las aves capturadas en temporada de secas y lluvias en la Sierra de Huatla ajustada con el modelo de Clench.  
 $R^2 = 0.9983$ , indica un buen ajuste del modelo a los datos  
 Líneas continuas número promedio de individuos  
 Líneas discontinuas, intervalos de confianza

### 3.2 Presencia de hemoparásitos

De los 41 individuos capturados en el periodo de marzo del 2013, se encontró que el 26.8% estaban infectados con al menos una especie de hemoparásito, así mismo se observaron dos infecciones mixtas, una con *Haemoproteus* spp (figura 3.2.1a) y microfilaria (figura 3.2.1b) en una *Columbina inca* y un *Icterus pustulatus*, y la otra con *Haemoproteus* spp y *Plasmodium* spp en una *Columbina inca*. El 26.8% de las aves estaban infectadas con *Haemoproteus* spp, 2.4% con *Plasmodium* spp y 4.9% con microfilarias. Cabe destacar que las especies de aves que tuvieron mayor porcentaje de infección fueron *Icterus pustulatus* y *Thryophilus pleurostictus* pues todos los individuos capturados de esta especie estaban infectados (Cuadro 3.2.1).

En esta temporada también se observaron ácaros en algunas de las aves capturadas: 41 de 20 estaban infectadas como se muestra en la figura 3.2.2 y en el Anexo I.

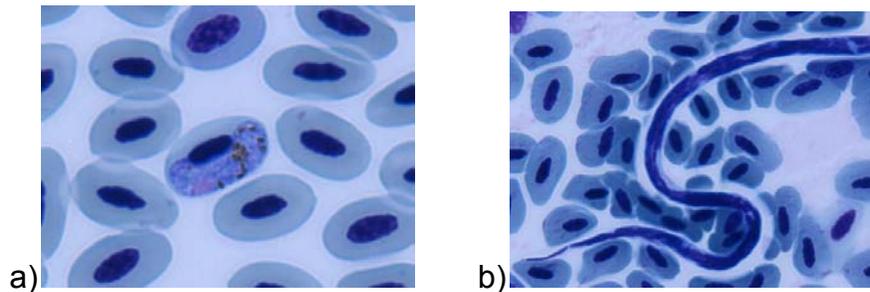


Figura 3.2.1. Hemoparásitos encontrados en las aves muestreadas en la Sierra de Huautla en marzo del 2013. a) *Haemoproteus* spp observado con un aumento de 1000x. b) *Microfilaria* observada con un aumento de 1000x.



Figura 3.2.2. *Thyrophilus pleurostictus* capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con ácaros en la zona pericloacal.

En el periodo de julio de 2013 se capturaron 101 individuos; los cuales, al ser analizados, mostraron una frecuencia de infección de 29.7% con *Haemoproteus* spp, 2% con *Plasmodium* spp y 4.95% con microfilarias. En esta temporada se observaron cinco infecciones mixtas con *Haemoproteus* spp y microfilaria y una con *Haemoproteus* spp y *Plasmodium* spp. Las especies de aves que tuvieron mayor porcentaje de infección fueron *Campylorhynchus megalopterus*, *Icterus pustulatus*, *Pheucticus chrysopleplus* y *Peucaea ruficauda* pues presentaron 100% de infección (Cuadro 3.2.1).

En la figura 3.2.3 a y b se muestran *Haemoproteus* spp y microfilarias respectivamente, encontrados en la temporada de lluvias.

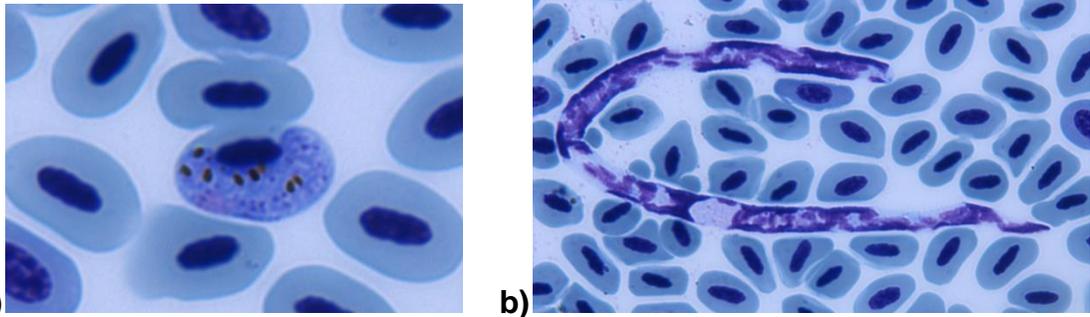


Figura 3.2.3. Hemoparásitos encontrados en las aves muestreadas en la Sierra de Huautla en marzo del 2013. a) *Haemoproteus* spp. b) *Microfilaria*

De las 101 aves capturadas en la temporada de lluvias, 9 presentaron ácaros como se muestra en la figura 3.2.4 y en el Anexo I.



Figura 3.2.4. *Myiarchus tuberculifer* capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con ácaros debajo de la pata.

Se analizaron las muestras de los 142 individuos capturados en los periodos de marzo y julio del 2013, y se encontró una frecuencia de 28.2% de infección por *Haemoproteus* spp, 2.1% por *Plasmodium* spp y 4.9% por microfilarias, dando un

promedio total de 28.8%. También se observaron siete infecciones mixtas de *Haemoproteus* spp y microfilaria. Las especies de aves que tuvieron 100% de infección fueron *Campylorhynchus jocosus*, *Icterus pustulatus* y *Pheucticus chrysopeplus* (Cuadro 3.2.1).

**Cuadro 3.2.1. Frecuencia de hemoparásitos en 142 aves capturadas en la Sierra de Huautla en marzo y julio de 2013**

Especie	n			Haemoproteus			Plasmodium			Microfilaria			%			
	S	L	T	S	L	T	S	L	T	S	L	T	S	L	T	
<i>Amazilia beryllina</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Amazilia violiceps ellioti</i>		4	4			1			1					25		25
<i>Campylorhynchus jocosus</i>		1	1			1			1					100		100
<i>Columbina inca</i>	6	16	22	1	7	8	1	0	1	1	0	1	16.6	43.7		36.3
<i>Columbina passerina</i>		4	4			2			2					50		75
<i>Contopus sordidulus</i>	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Haemorhous mexicanus</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Heliomaster constantii</i>	1		1	0		0	0		0	0			0	0		0
<i>Icterus pustulatus</i>	1	3	4	1	3	4	0	0	0	1	0	1	100	100		100
<i>Icterus wagleri</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Lampornis clemenciae</i>	1		1	0		0	0		0	0			0	0		0
<i>Melanerpes chrysogenys</i>		2	2			0			0					0		0
<i>Melanerpes hypopolius</i>		11	11			0			0					0		0
<i>Molothrus aeneus</i>		6	6			1			1					16.6		16.6
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	3	4	7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	33.3	25		14.2
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	3	4	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	33.3	0		14.2
<i>Myiopagis viridicata</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Passerina caerulea</i>		3	3			1			1					33.3		33.3
<i>Passerina cyanea</i>	7		7	3		3	0		0	0			42.8			42.8
<i>Passerina leclancherii</i>	1	2	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		33.3
<i>Passerina versicolor</i>	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
<i>Peucaea botterii</i>	1		1	0		0	0		0	0			0	0		0
<i>Peucaea humeralis</i>	4	6	10	2	2	4	0	0	0	0	2	2	50	33.3		40
<i>Peucaea ruficauda</i>	2	1	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	50	100		66.6
<i>Pheucticus chrysopeplus</i>		1	1			1			1					100		100
<i>Pitangus sulfuratus</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	4	3	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	25	0		14.3
<i>Spinus psaltria</i>		9	9			5			5					55.5		55.5
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	1	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	100	0		33.3
<i>Toxostoma curvirostre</i>		1	1			0			0					0		0
<i>Turdus rufopalliatus</i>	3	8	11	0	2	2	0	1	1	0	1	1	0	25		18.2
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	1		1	0		0	0		0	0			0	0		0
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>101</b>	<b>142</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>26.8</b>	<b>30.7</b>		<b>28.8</b>

n. número total de especies capturadas

% . porcentaje de infección de acuerdo a la especie de ave

S. Temporada de secas

L. Temporada de lluvias

T. Total de las temporadas de lluvias y secas

Como se muestra en la figura 3.2.5, la prevalencia de hemoparásitos en la temporada de secas y lluvias fue de 26.8 y 29.7% respectivamente. A pesar de que la prevalencia es mayor en la temporada de lluvias; no hay diferencia estadística en la prevalencia por la temporada del año ( $p = 0.8$ ).

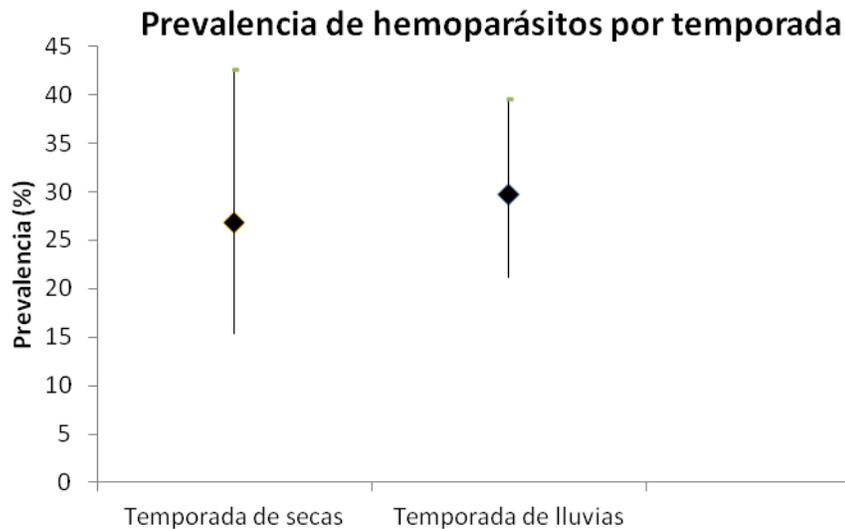


Figura 3.2.5. Prevalencia de hemoparásitos e intervalos de confianza (95%) en la temporada de secas y lluvias.

Los resultados del modelo lineal generalizado muestran que no hay diferencias en la probabilidad de adquirir una infección en las distintas épocas del año, pero que las aves tienen una menor probabilidad de infectarse en la zona perturbada en comparación con la zona agrícola y conservada (Cuadro 3.2.2).

**Cuadro 3.2.2. Probabilidad de infección por sitio y temporada de acuerdo al GLM**

Factor	Estimador	Error Estándar	Z	Pr(> z )
Sitio_Agrícola	-1.4023	0.8623	-1.626	0.1039
Sitio_Conservado	0.3483	2.0817	0.167	0.8671
Sitio_Perturbado	<b>-2.4637</b>	<b>1.1832</b>	<b>-2.082</b>	<b>0.0373 *</b>
Epoca	0.1030	0.4936	0.209	0.8346

Devianza de modelo nulo: 201.987 con 142 grados de libertad

Devianza residual: 99.057 con 136 grados de libertad

En los datos en conjunto de la prevalencia de hemoparásitos por zona (cuadro 3.2.3) se observa que la zona agrícola cuenta con el mayor número de aves infectadas (19), seguida por la zona perturbada (18), y esta a su vez por la zona conservada (4), y representan un porcentaje de infección de 28%, 32.7% y 21% respectivamente.

**Cuadro 3.2.3. Frecuencia de hemoparásitos según la zona de captura en la Sierra de Huautla, Morelos, en marzo y julio de 2013**

Especies	Zona conservada	Zona perturbada	Zona agrícola
<i>Amazilia violiceps ellioti</i>	1		
<i>Campylorhynchus jocosus</i>			1
<i>Columbina inca</i>		5	3
<i>Columbina passerina</i>		2	1
<i>Molothrus aeneus</i>		1	
<i>Passerina caerulea</i>		1	
<i>Passerina cyanea</i>		3	
<i>Passerina leclancherii</i>		1	
<i>Pheucticus chrysopheplus</i>			1
<i>Spinus psaltria</i>			5
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	1		
<i>Peucaea ruficauda</i>			2
<i>Peucaea humeralis</i>			4
<i>Pyrocephalus rubinus</i>		1	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>		1	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>			1
<i>Turdus rufopalliatu</i>	2		
<i>Icterus pustulatus</i>		3	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>19</b>

\* El total de individuos muestreados por zona fue: 19, 55 y 68 en las zonas conservada, perturbada y agrícola respectivamente

La prevalencia de hemoparásitos para las zonas agrícola, perturbada y conservada fue de 28, 32.7 y 21% respectivamente. Puede notarse que la prevalencia es menor en la zona conservada; sin embargo no hay diferencia estadística en ninguna de las zonas ( $p = 0.6$ ). (Figura 3.2.6)

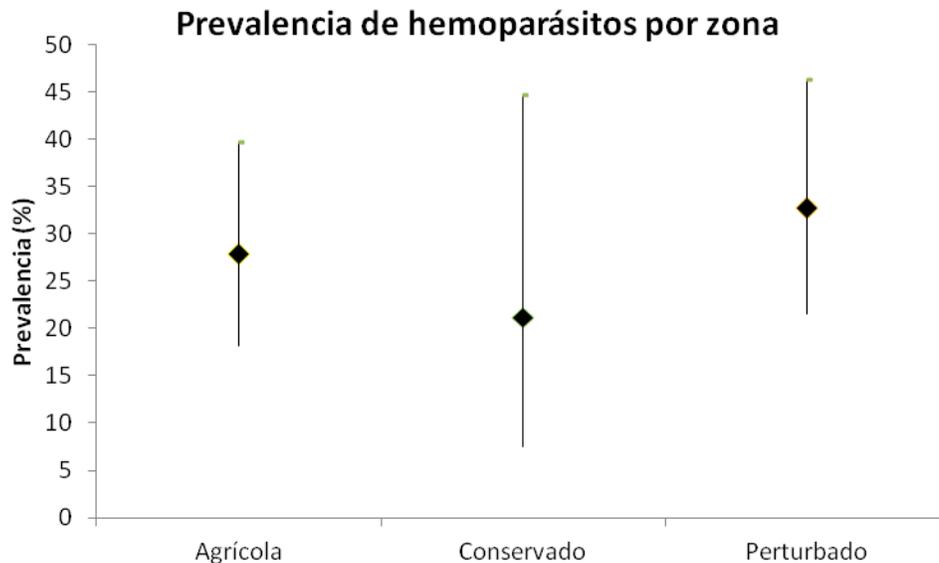


Figura 3.2.6. Prevalencia de hemoparásitos e intervalos de confianza (95%) en los sitios agrícola, conservado y perturbado.

### 3.3 Intensidad de infección

En términos de la intensidad de infección se encontró que 26 animales tenían una infección baja, la cual fue menor al 0.1% de los eritrocitos infectados; 13 animales tenían una infección media, que fue entre 0.1 y 0.5% de los eritrocitos infectados; y únicamente se registró una infección alta,  $>0.5\%$  (Cuadro 3.3.1).

**Cuadro 3.3.1. Intensidad de infección de hemoparásitos en 40 aves capturadas en marzo y julio de 2013 en la Sierra de Huautla, Morelos, México**

Especies	Haemoproteus spp	Plasmodium spp	Especies	Haemoproteus spp	Plasmodium spp
<i>Amazilia violiceps ellioti</i>	4/2000 M		<i>Passerina caerulea</i>	9/2000 M	
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	1/2000 B		<i>Passerina cyanea</i>	< 1/2000 B	
<i>Columbina inca</i>	1/2000 B	< 1/2000 B		< 1/2000 B	
	< 1/2000 B			< 1/2000 B	
	1/2000 B		<i>Passerina leclancherii</i>	< 1/2000 B	
	2/2000 M		<i>Peucaea humeralis</i>	2/2000 M	
	1/2000 B			2/2000 M	
	4/2000 M			4/2000 M	
	< 1/2000 B			8/2000 M	
	6/2000 M		<i>Peucaea ruficauda</i>	< 1/2000 B	
<i>Columbina passerina</i>	< 1/2000 B			10/2000 M	
	< 1/2000 B		<i>Pheucticus chrysopleps</i>	10/2000 M	
		< 1/2000 B	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	< 1/2000 B	
<i>Icterus pustulatus</i>	1/2000 B		<i>Spinus psaltria</i>	< 1/2000 B	
	9/2000 M			3/2000 M	
	< 1/2000 B			< 1/2000 B	
	63/2000 A*			< 1/2000 B	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	< 1/2000 B			< 1/2000 B	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	< 1/2000 B		<i>Thryophilus pleurostictus</i>	< 1/2000 B	
<i>Molothrus aeneus</i>	< 1/2000 B		<i>Turdus rufopalliatu</i>	< 1/2000 B	< 1/2000 B
				< 1/2000 B	

NOTA El total de individuos muestreados fue 142

A Alto >0.5% de eritrocitos infectados

M Medio 0.1-0.5% de eritrocitos infectados

B Bajo <0.1% de eritrocitos infectados

\**Icterus pustulatus* tenía una infección de 62/2000 (eritrocitos infectados/ eritrocitos sanos) corresponde a un 3.1% y es un valor muy elevado, además el estado físico del ave era malo, sus plumas estaban quebradizas y mal desarrolladas.

La única infección alta (figura 3.3.1) se presentó en un *Icterus pustulatus* hembra, adulta cuyo aspecto no era saludable, presentaba pocas plumas en la cabeza, las cuales estaban rotas, las plumas de la cola también estaban rotas, y las plumas primarias de las alas estaban maltratadas y rotas, su plumaje en general estaba erizado y maltratado y se observaba mucho plumón como se muestra en la figura 3.3.2.

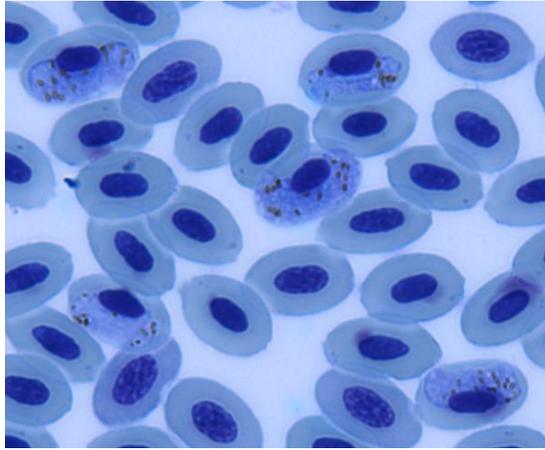


Figura 3.3.1. Frotis sanguíneo de un *Icterus pustulatus* capturado en la Sierra de Huautla en el 2013 con una infección por *Haemoproteus* spp alta, en la cual se aprecian 5 eritrocitos infectados.



Figura 3.3.2. *Icterus pustulatus* capturado en la Sierra de Huautla en marzo de 2013 con una mala condición corporal y plumas en mal estado.

Puede observarse en la figura 3.3.3 que la intensidad media de infección en la zona agrícola es mayor con respecto a las otras dos zonas; aunque no existe diferencia estadística ( $p = 0.3$ ). Se observa que la intensidad media es mayor en la época de lluvias que en la de secas, pero tampoco hay diferencia estadística ( $p = 0.8$ ).

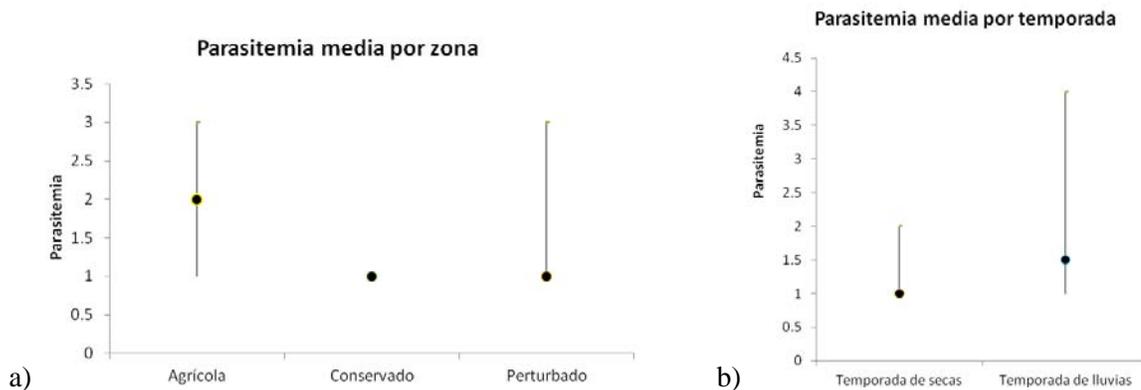


Figura 3.3.3. Intensidad media e intervalos de confianza (95%) en las aves infectadas con hemoparásitos capturadas en la Sierra de Huatla, Morelos 2013. a) Intensidad por zona. b) Intensidad por temporada

No se observan diferencias en la probabilidad de desarrollar una intensidad de infección más lata o más baja para las aves en función del sitio y la época del año (Cuadro 3.3.2)

**Cuadro 3.3.2. Probabilidad de parasitemia por sitio y temporada de acuerdo al GLM**

Factores	Estimador	Error Estándar	Valor de t	Pr(> t )
<b>Sitio Agrícola</b>	-1.4401	2.2458	-0.641	0.522
<b>Sitio Conservado</b>	-0.4990	7.7061	-0.065	0.948
<b>Sitio Perturbado</b>	-4.4470	4.3867	-1.014	0.313
<b>Época</b>	0.8339	1.2083	0.690	0.491

(Factor de corrección en la distribución de Poisson 14.334)  
 Devianza del modelo nulo: 829.7 con 142 grados de libertad  
 Devianza residual: 718.7 con 136 grados de libertad

## 4. DISCUSIÓN

Las 34 especies capturadas representan sólo el 17.4% de las 195 reportadas en la zona por Ramírez-Albores *et al* (2002)<sup>42</sup>; y lo estimado en las curvas de acumulación de especies indicaron que se logró capturar el 46% de las especies posibles; por lo tanto se recomienda un mayor esfuerzo de muestreo para representar a la comunidad. Una posible razón de este menor número de especies es la técnica de captura utilizada que permite incluir solo a ciertas especies de aves. Además la diferencia encontrada con los datos de Ramírez-Albores *et al* (2002)<sup>42</sup> se debe a que su estudio tuvo una mayor duración (2 años), y a que utilizaron técnicas de observación, auditivas y redes de niebla en un territorio más amplio pues su objetivo fue describir la composición de las especies de aves.

La prevalencia de hemoparásitos encontrada en ambas temporadas (28.16%), es similar al 21.6% reportado para Chiapas, México<sup>37</sup> y al 25.5% reportado para dos estados del norte de México;<sup>56</sup> pero es mayor a reportes realizados en Colombia (15.9%)<sup>57</sup> y Costa Rica (4.4%).<sup>58</sup> Las prevalencias más bajas encontradas en estos países, puede deberse, como los mismos autores lo sugieren, a que los sitios no son propicios para la reproducción del vector.

*Haemoproteus* spp fue el parásito más abundante (28.2%) en este trabajo, lo cual coincide con White *et al* (1978)<sup>59</sup> pues señalan que *Haemoproteus* spp es el parásito más común en zonas neotropicales. De igual manera los trabajos de Beltrán (1944)<sup>37</sup> y Bennett *et al* (1991)<sup>38</sup> en México también señalan a estos parásitos como los más frecuentes; aunque las prevalencia que ellos encontraron son menores que las del presente trabajo (7.9% y 7.8% respectivamente); al igual que el 4.4%<sup>58</sup> reportado en Costa Rica y al 2.6%<sup>53</sup> y 6.7%.<sup>57</sup> reportados en Colombia. La prevalencia de *Plasmodium* spp encontrada en este trabajo fue baja (2.1%), pero es similar a la de otros trabajos en México de Beltrán (1944)<sup>37</sup> y Bennett *et al* (1991)<sup>40</sup> que reportan prevalencias de este parásito de 6.8% y 1%

respectivamente. La baja prevalencia de *Plasmodium* spp en el caso del presente estudio puede atribuirse a que las muestras se tomaron a 1250 msnm y se menciona que su presencia es rara en elevaciones entre 1000-1300 msnm debido a restricciones fisiológicas para el vector.<sup>13, 15</sup>

En las aves muestreadas no se encontró *Leucocytozoon* spp al igual que en otros estudios en Latinoamérica;<sup>46</sup> esto se debe a que los vectores de *Leucocytozoon* (*Diptera: Simuliidae*)<sup>60</sup> están limitados por el clima, precipitación, topografía y la presencia de corrientes de agua fresca y limpia para reproducirse.<sup>52, 61</sup> Este parásito suele encontrarse en climas templados o fríos; sin embargo en dos estudios previos realizados en México se reportó 6.9% (Beltrán 1944)<sup>37</sup> y 1% (Bennett 1991)<sup>39</sup> de *Leucocytozoon* spp. Algunos sitios de muestreo de Beltrán (1944)<sup>37</sup> estaban a 3000 msnm y las especies en las que Bennett (1991)<sup>40</sup> encontró *Leucocytozoon* spp habitan en altitudes de hasta 2,500 msnm, y como Rodríguez (2009)<sup>57</sup> y Matta (2014)<sup>62</sup> señalan es posible encontrar *Leucocytozoon* spp a esa altitud en un país tropical. Galindo y Sousa (1966)<sup>63</sup> encontraron *Leucocytozoon* spp en Panamá, aunque la mayoría de estas infecciones fueron en aves migratorias, que vienen de climas fríos así que probablemente estas aves se infectaron en su lugar de origen.

Parásitos como microfilarias y *Trypanosoma* spp son menos frecuentes en los frotis, en este estudio no se observó *Trypanosoma* spp al igual que en el trabajo de Beltrán (1944).<sup>37</sup> Sin embargo Bennett (1991)<sup>40</sup> encontró una prevalencia del 2%. Las microfilarias se encontraron con una mayor frecuencia (4.9%) similar al 1% de Bennett *et al* (1991)<sup>40</sup> y al 6.6% de Silveira (2010),<sup>46</sup> pero Beltrán (1944)<sup>37</sup> no encontró microfilarias. Para nuestro estudio podría significar que la zona de muestreo presenta características que favorecen la reproducción de los vectores que transmiten microfilarias (piojos del orden *Phthiraptera* y moscas de las familias *Simuliidae*, *Culicidae* y *Ceratopogonidae*), y restringen a los que transmiten especies de *Trypanosoma* spp.

La falta de diferencia significativa en la prevalencia de hemoparásitos entre las temporadas de secas (26.8%) y lluvias (30.7%); y la ausencia de mayor probabilidad de infección en alguna temporada en el GLM, posiblemente se deben al pequeño tamaño de muestra que se obtuvo, el cual produjo intervalos de confianza amplios y no permitió representar a la comunidad de aves en la zona como lo indican las curvas de acumulación.

Aunque se espera que la frecuencia de hemoparásitos sea mayor en zonas perturbadas que en zonas conservadas, como lo reportó Sehgal (2011);<sup>65</sup> Chasar (2009)<sup>66</sup> y Bonneaud (2009)<sup>67</sup> encontraron mayor prevalencia en zonas conservadas. En este trabajo no se encontró diferencia significativa entre las zonas muestreadas según su grado de conservación; aunque el GLM señala que hay una menor probabilidad de que un ave se infecte en una zona perturbada ( $p > 0.03$ ) en comparación con las otras zonas. Se esperaría que la probabilidad de infección sea menor en la zona conservada, seguida por la zona perturbada y esta a su vez por la zona agrícola; si bien no se encontró la menor probabilidad de infección en la zona conservada, cabe destacar que el error estándar obtenido para esta zona fue mayor que los de las otras zonas, además de ser el sitio con menor cantidad de observaciones, así que, es posible que al aumentar las observaciones de la zona conservada pueda observarse una menor probabilidad de infección en esta zona.

Las infecciones mixtas tuvieron prevalencias muy similares en secas y lluvias, 7.3 y 7.9% respectivamente; Beltrán (1944)<sup>37</sup> no encontró infecciones mixtas en un estudio previo en México mientras que Bennett (1974)<sup>68</sup> encontró 2.8% de infecciones mixtas en México. En otros lugares se ha reportado 6%<sup>69</sup> y 8.2%<sup>51</sup> de infecciones mixtas, todos estos valores son similares y son de esperarse pues se ha señalado que las infecciones mixtas no son comunes,<sup>51</sup> posiblemente por una especificidad en los parásitos hacia ciertos hospederos.<sup>65, 70</sup> Aunque desde la aplicación del PCR, se ha logrado aumentar la detección de hemoparásitos y de infecciones mixtas,<sup>70</sup> por lo que se considera que en la mayoría de los estudios las infecciones mixtas están subestimadas.<sup>72</sup>

En algunos estudios con tamaños de muestra variables por especie, no se encontraron diferencias significativas en la prevalencia de hemoparásitos por la especie del hospedero;<sup>54, 73</sup> mientras que en estudios dirigidos a especies específicas si se encontró diferencia significativa de acuerdo con la especie de ave estudiada.<sup>66, 74</sup> Como resultado de un muestreo oportunista, se tienen tamaños de muestra por especie variables y a menudo pequeños, lo cual dificulta obtener valores confiables en las pruebas estadísticas; éste es el caso de éste estudio en donde identificamos tendencias en las tasas de prevalencia e intensidad, pero que requerirán de un mayor esfuerzo de muestreo para corroborarlas. Aunque no existe diferencia estadística, algunos datos llaman la atención y sería interesante reevaluar ciertas especies como *Melanerpes hypopolius* que resultó libre de infección y podría tratarse de una especie libre de hemoparásitos, y se cuenta con varios ejemplos de estas;<sup>70, 75, 76</sup> o *Icterus pustulatus* pues todos los individuos capturados estaban infectados y Galindo y Sousa (1966)<sup>63</sup> reportan que las infecciones con *Haemoproteus* spp son más comunes en familias como *Icteridae*.

Se capturó solo a una especie migratoria, *Passerina cyanea*, la cual mostró una frecuencia de hemoparásitos de 33.3%. Se esperaba que tuviera una gran diversidad de hemoparásitos y con una alta prevalencia por su carácter de

migratoria, debido a que conviven con comunidades de aves muy diversas y posiblemente están expuestas a diferentes vectores. Además la migración demanda mucha energía que puede ser desviada de las defensas inmunológicas haciendo a estas aves más susceptibles,<sup>60, 77</sup> por ello también sería bueno enfocar un estudio hacia especies migratorias.

La alta intensidad de la infección (63/2000) en la hembra de *Icterus pustulatus* aunado a su mal estado es un hallazgo raro en vida libre, pues normalmente no se observan signos de enfermedad en las aves capturadas, aunque estas tengan una alta parasitemia. Esto demuestra que los hemoparásitos pueden tener mayores efectos de los que normalmente se consideran; o puede tratarse de un animal con un deficiente sistema inmunológico que está siendo afectado por múltiples agentes infecciosos. Haptmanova *et al* (2006)<sup>1</sup> reportan dos aves con intensidades de infección del 5.8 y 7.8%, Blanco *et al* (1997)<sup>79</sup> reporta una intensidad de 2.6% (52 parásitos/ 2000 eritrocitos) y Blanco *et al* (2001)<sup>38</sup> presenta infecciones hasta del 2% (40 parásitos/ 2000 eritrocitos). Aunque ninguno de ellos indica que se observe a estas aves en mal estado. Este individuo claramente mostró una mala condición de salud, y plumas rotas y desacomodadas que se han reportado como un signo de las hemoparasitosis;<sup>2, 15, 80</sup> aunque sin un examen clínico completo no es posible determinar si existen enfermedades concomitantes que estén contribuyendo al mal estado del ave.

Este es el primer trabajo sobre hemoparásitos en el estado de Morelos, México; además se reportan hemoparásitos por primera vez en las siguientes especies de aves: *Amazilia violiceps ellioti*, *Turdus rufopalliatus*, *Peucaea humeralis*, *Passerina leclancherii* y *Campylorhynchus jocosus* y se examinaron por primera vez *Melanerpes chrysogenys*, *Melanerpes hypopolius*, y *Xenotriccus mexicanus*.

La información recabada en este trabajo se suma a la de estudios previos en la República Mexicana con lo que podrá iniciarse un inventario de hemoparásitos en las aves silvestres. Sin embargo los estudios siguen siendo en su mayoría oportunistas y con un restringido ámbito geográfico y temporal, por lo que se recomienda incrementar los estudios y el esfuerzo de muestreo en cada sitio de trabajo a lo largo del tiempo

De acuerdo con los resultados de este trabajo, se recomienda hacer estudios con mayor tamaño de muestra para poder hacer comparaciones entre las especies de aves, y tener especial atención en aquellas con frecuencias de infección altas o nulas, así como en especies migratorias que pueden ser un riesgo potencial para la transmisión de hemoparásitos. Así mismo, se recomienda continuar estudiando la zona, implementar diagnósticos con la técnica de PCR y comenzar a estudiar la presencia de vectores transmisores de hemoparásitos.

## 5. LITERATURA CITADA

1. Hauptmanová K, Benedikt V, Literák I. Blood Parasites in Passerine Birds in Slovakian East Carpathians. *Acta Protozool* 2006; 45: 105 – 109.
2. Atkinson CT, Van Riper III C. Pathogenicity and epizootiology of avian hematozoa: Plasmodium, Leucocytozoon and Haemoproteus. In: Loye JE, Zuk M. *Bird-Parasite Interactions: Ecology, Evolution and Behaviour*. Oxford University Press, 1991: 19 - 48.
3. Knowles SCL, Paulinaskas V, Sheldon BC. Chronic malaria infections increase family inequalities and reduce parental fitness: experimental evidence from a wild bird population. *J Evol Biol* 2009; 23: 557-569.
4. Sorci G, Cornet S. Immunity and Virulence in Bird-Parasite Interactions. *The Open Ornithology Journal* 2010; 3:33-40.
5. Ortego J, Cordero PJ, Aparicio JM, Calabuig G. Consequences of chronic infections with three different avian malaria lineages on reproductive performance of Lesser Kestrels (*Falco naumanni*). *J Ornithol* 2008; 149:337–343.
6. Hauptmanová K, Barus V, Literak I, Benedikt V. Haemoproteids and microfilariae in hawfinches in the Czech Republic. *Helminthologia* 2004; 41, 4: 125-133.
7. Travis EK, F. Vargas H, Merkel J, Gottdenker N, Miller RE, Parker PG. Hematology, serum chemistry, and serology of Galápagos penguins (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos islands, Ecuador. *Journal of Wildlife Diseases* 2006; 42(3): 625–632.
8. Travis EK, Vargas H, Merkel J, Gottdenker N, Miller RE, Parker PG. Hematology, plasma chemistry, and serology of the flightless cormorant (*Phalacrocorax harrisi*) in the Galápagos islands, Ecuador. *Journal of Wildlife Diseases* 2006; 42(1): 133–141.
9. Murata K. Prevalence of Blood parasites in Japanese wild birds. *J Vet Med Sci* 2002; 64(9): 785-790.

10. Lachish S, Knowles SCL, Alves R, Wood MJ, Sheldon BC. Infection dynamics of endemic malaria in a wild bird population: parasite species-dependent drivers of spatial and temporal variation in transmission rates. *Journal of Animal Ecology* 2011; 80(6): 1207 - 1216.
11. Valkiunas G. Avian malaria parasites and other haemosporidia. CRC Press; 2005.
12. Atkinson CT, Avian Malaria. In: Atkinson CT, Thomas NJ, Hunter DB. Parasitological diseases in wild birds. USA, Wiley-Blackwell Publishing, 2008: 35 - 53.
13. Foster JT, Woodworth BL. Genetic structure and evolved malaria resistance in Hawaiian honeycreepers. *Mol Ecol* 2007; 16 (22): 4738-46.
14. Rock KA, Keeling MJ, Wood DA. Modelling the future of the hawaiian honeycreeper: an ecological and epidemiological problem. *Ecological modelling* 2012; 235-236: 26-35.
15. LaPointe DA, Atkinson CT, Samuel MD. Ecology and conservation biology of avian malaria. *Ann N Y Acad Sci* 2012; 1249: 211-226.
16. Frevert U, Späth GF, Yee H. Exoerythrocytic development of *Plasmodium gallinaceum* in the White Leghorn chicken. *Int J Parasitol* 2008; 38(6):655-72.
17. Igbokwe IO, Hassan SU, Faive ZT, Iliya Y, Dagare MJ, Rabo JS, Mohammed A, Igbokwe NA. Effect of *Plasmodium* species infections on packed cell volume of domestic chickens and helmeted guinea fowls in northeastern Nigeria. *Animal Research International* 2008; 5 (3): 892-895.
18. Williams RB. Avian malaria: clinical and chemical pathology of *Plasmodium gallinaceum* in the domesticated fowl *Gallus gallus*. *Avian Pathology* 2005; 34(1): 29-47.
19. Tomás G, Merino S, Moreno J, Morales J, Martínez-de la Puente J. Impact of blood parasites on immunoglobulin level and parental effort: a medication field experiment on a wild passerine. *Functional Ecology* 2007; 21:125-133.

20. Marzal A, Bensch S, Reviriego M, Balbontin J, De Lope F. Effects of malaria double infection in birds: one plus one is not two. *J Evol Biol* 2008 ;21(4): 979-87
21. Martínez-de la Puente J, Merino S, Tomás G, Moreno J, Morales J, Lobato E, García-Fraile S, Belda EJ. The blood parasite *Haemoproteus* reduces survival in a wild bird: a medication experiment. *Biol Lett* 2010; 23, 6(5):663-5.
22. Bartlett CM. Avian Filaroid nematodes. In: Atkinson CT, Thomas NJ, Hunter DB. *Parasitological diseases in wild birds*. USA, Wiley-Blackwell Publishing, 2008: 439 - 462.
23. Bain O, Otranto D, Diniz DG, Nascimento dos Santos J, Pinto de Oliveira N, Negrão-Frota de Almeida I, Negrão-Frota de Almeida R, Negrão-Frota de Almeida L, Dantas-Torres F, Frota de Almeida Sobrinho E. Human Intraocular Filariasis Caused by *Pelecitus sp.* Nematode, Brazil. *Emerging Infectious Diseases* 2011; 17(5): 867-869.
24. Belo NO, Rodríguez-Ferraro A, Braga EM, Ricklefs RE. Diversity of avian haemosporidians in arid zones of northern Venezuela. *Parasitology* 2012; 139: 1021–1028.
25. Ogrzewalska M, Uezu A, Jenkins CN, Labruna MB. Effect of Forest Fragmentation on Tick Infestations of Birds and Tick Infection Rates by *Rickettsia* in the Atlantic Forest of Brazil. *Ecohealth* 2011; 8(3):320-31.
26. Suzán-Aspiri G, Galindo-Maldonado F, Ceballos-González G. La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Vet Mex* 2000; 31(3): 223-229.
27. Dobson A, Foufopoulos J. Emerging infectious pathogens of wildlife. *Phil Trans R Soc Lond B* 2001; 356:1001-1012.
28. Sehgal RNM. Deforestation and avian infectious diseases. *The journal of experimental biology* 2010; 213: 955-960.

29. Swaddle JP, Calos SE. Increased avian diversity is associated with lower incidence of human west nile infection: observation of the dilution effect. *Plos one* 2008; 3(6).
30. Greer AL, Collins JP. Habitat fragmentation as a result of biotic and abiotic factors controls pathogen transmission throughout a host population. *Journal of animal ecology* 2008; 77: 364-369.
31. Johnson PTJ, Preston DL, Hoverman JT, LaFonte BE. Host and parasite diversity jointly control disease risk in complex communities. *PNAS* 2013; 110(42): 16916-16921.
32. Miller E, Huppert A (2013) The Effects of Host Diversity on Vector-Borne Disease: The Conditions under Which Diversity Will Amplify or Dilute the Disease Risk. *Plos one* 2013; 8(11): e80279. doi:10.1371/journal.pone.0080279.
33. O'Brien VA, Moore AT, Young GR, Komar N, Reisen WK, Brown CR. *An enzootic vector-borne virus is amplified at epizootic levels by an invasive avian host.* *Proc R Soc B* 2011; 278: 239-246.
34. Pagán I, González-Jara P, Moreno-Letelier A, Rodelo-Urrego M, Fraile A, et al. Effect of Biodiversity Changes in Disease Risk: Exploring Disease Emergence in a Plant-Virus System. *PLoS Pathog* 2012; 8(7): e1002796. doi:10.1371/journal.ppat.1002796
35. Challenger A. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Conabio-Instituto de Biología, UNAM-Sierra Madre. México, D.F., 1998.
36. Ceballos G, del Coro-Arizmendi M, Márquez-Valdelamar L. La diversidad y conservación de las aves de México: Las aves de México en peligro de extinción. México, D.F. Instituto de Ecología, 2000.
37. Beltran E. Protozoarios sanguíneos de las aves. *Anales de la Esc Nac de Ciencias Biológicas* 1944; 3: 361-366.

38. Blanco G, Rodríguez-Estrella R, Merino S, Bertellotti M. Effects of spatial and host variables on hematozoa in white-crowned sparrows wintering in Baja California. *J Wildl Dis* 2001; 37(4):786-790.
39. Tarof SA, Stutchbury BJ, Bennett GF. Low infection prevalence of blood parasites in hooded warblers. *J Field Ornithol* 1997; 68(1):75-78.
40. Bennett GF, Aguirre AA, Cook RS. Blood parasites of some birds from northeastern Mexico. *J Parasitol*, 1991; 77(1): 38-41.
41. Vargas V, Valenzuela-Galván D, Alcalá RE. Is genetic structure of the southern pygmy mouse *Baiomys musculus* (*Cricetidae*) related to human-induced spatial landscape heterogeneity in a tropical dry forest?. *Genetica* 2012; 140: 287-295.
42. Ramírez-Albores JE, Ramírez-Cedillo MG. Avifauna de la región oriente de la sierra de Huautla, Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 2002; 73(1): 91-111.
43. Urbina TF, Jiménez CD, Argote A. Diversidad de vertebrados de las Áreas Naturales Protegidas de Morelos: Memorias del XIV Congreso Nacional de Zoología. Sociedad Mexicana de Zoología, México, D.F. 1997.
44. Navarro AG, Benítez H. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. *Ciencias* 1993; 7:45-53.
45. Garcia EE. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. In., Series Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: Instituto de Geografía UNAM; 1981.
46. Silveira P, O Belo N, Rodello D, T Pinheiro R, M Braga E. Microfilariae Infection in Wild Birds from the Brazilian Cerrado. *J Wildl Dis* 2010; 46(4): 1305–1309.
47. Howell SNG, Webb S. *A guide to the birds of Mexico and Northern central America*. Oxford University Press. Oxford, USA, 1995.
48. Van-Perlo B. *Birds of Mexico and Central America*. Princeton University Press, London, 2006.

49. Gosler A. Bird in the hand: Sutherland WJ, Newton I, Green RE. In: Bird ecology and conservation. A handbook of techniques. Oxford University Press, USA 2004: 85 - 118.
50. Merino S, Potti J, Fargallo JA. Blood Parasites of Passerine Birds from Central Spain. *J Wildl Dis* 1997; 33(3): 638-641.
51. Savage AF, Robert V, Goodman SM, Raharimanga V. Raheirilalao MJ, Andrianarimisa A, Ariey F, Greiner EC. Blood parasites in birds from Madagascar. *J Wildl Dis* 2009; 45(4): 907-920.
52. Tomé R, Santos N, Cardia P, Ferrand N, Korpimäki E. Factors affecting the prevalence of blood parasites of Little Owls *Athene noctua* in southern Portugal. *Ornis Fennica* 2005; 82:63–72.
53. Londoño A, Pulgarin PC, Blair S. Blood Parasites in Birds from the Lowlands of Northern Colombia. *Caribbean Journal of Science* 2007; 43(1): 87-93.
54. Godfrey RD, Fedynich AM, Pence DB. Quantification of hematozoa in blood smears. *J Wildl Dis* 1987; 23(4): 558-565.
55. Rozsa, L., Reiczigel, J., Majoros, G. Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* 2000; 86: 228-232.
56. Beltrán E. Protozoarios sanguíneos de aves de Nuevo León y Tamaulipas. *Rev Soc Mex Hist Nat* 1942: 15-21.
57. Rodríguez OA, Moya H, Matta NE. Avian blood parasites in the national natural park Chingaza: high andes of Colombia. *Hornero* 2009; 24(1):1-6.
58. Benedikt V, Barus V, Capek M, Havlicek M, Literak I. Blood parasites (*Haemoproteus* and *microfilariae*) in birds from the Caribbean slope of Costa Rica. *Acta parasitologica* 2009; 54(3): 197-204.
59. White EM, Greiner EC, Bennet GF, Herman CM. Distribution of the hematozoa of Neotropical birds. *Rev Biol Trop* 1978; 26: 43-102.
60. Jenkins T, Thomas GH, Hellgren O, Owens PF. Migratory behavior of birds affects their coevolutionary relationship with blood parasites. *Evolution* 2011; 66(3): 740-751.

61. Valkiunas G, Sehgal RNM, Iezhova TA, Smith TB. Further observations on the blood parasites of birds in Uganda. *J Wildl Dis* 2005; 41(3): 580-587.
62. Matta NE, Lotta IA, Valkiūnas G, González AD, Pacheco MA, Escalante AA, Moncada LI, Rodríguez-Fandiño OA. Description of *Leucocytozoon quynzae* sp. nov. (Haemosporida, Leucocytozoidae) from hummingbirds, with remarks on distribution and possible vectors of leucocytozoids in South America. *Parasitology Research* 2014; 113(2): 457-468.
63. Galindo P, Sousau O. Blood Parasites of Birds from Almirante, Panama with ecological notes on the hosts. *Rev Biol* 1966; 14(1): 27-46.
64. Murata K, Nii R, Yui S, Sasaki E, Ishikawa S, Sato Y, Matsup S, Horie S, Akatani K, Takagi M, Sawabe K, Tsuda Y. Avian haemosporidian parasites infection in wild birds inhabiting Minami-Daito island of the Northwest Pacific, Japan. *J Vet Med Sci* 2008; 70(5): 501-503.
65. Sehgal RNM, Buermann W, Harrigan RJ, Bonneaud C, Loiseau C, Chasar A, Sepil I, Valkiunas G, Iezhova T, Saatchi S, Smith TB. Spatially explicit predictions of blood parasites in a widely distributed African rainforest bird. *Proc R Soc B* 2011; 278: 1025-1033.
66. Chasar A, Loiseau C, Valkiunas G, Iezhova T, Smith TB, Sehgal RNM. Prevalence and diversity patterns of avian blood parasites in degraded African rainforest habitats. *Molecular Ecology* 2009; 18:4121–4133.
67. Bonneaud C, Sepil I, Milá B, Buermann W, Pollinger J, et al. The prevalence of avian *Plasmodium* is higher in undisturbed tropical forests of Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 2009; 25, 439–447.
68. Bennett GF, Okia NO, Cameron MF. Avian hematozoa of some ugandan birds. *J Wildl Dis* 1974; 10: 458-465.
69. Ishtiaq F, Gering E, Rappole JH, Rahmani AR, Jhala YV, Dove CJ, Milensky C, Olson SL, Peirce MA, Fleischer RC. Prevalence and diversity of avian hematozoan parasites in Asia: a regional survey. *Journal of Wildlife Diseases*, 43(3): 382–398; 2007.

70. Masello JF, Choconi RG, Sehgal RNM, Tell L, Quillfeldt P. Blood and intestinal parasites in wild psittaciformes: a case study of burrowing parrots (*Cyanoliesus patagonus*). *Ornitologia neotropical* 2006; 17: 515-529.
71. Hellgren O, Waldenström J, Bensch S. A new PCR assay for simultaneous studies of *Leucocytozoon*, *Plasmodium*, and *Haemoproteus* from avian blood. *J Parasitol* 2004; 90(4):797-802.
72. Santiago-Alarcon D, Bloch R, Rolshausen G, Schaefer HM, Segelbacher G. Prevalence, diversity, and interaction patterns of avian haemosporidians in a four-year study of blackcaps in a migratory divide. *Parasitology* 2011; 138(7): 824-35. doi: 10.1017/S0031182011000515.
73. Rodríguez OA, Matta NE. Blood Parasites in Some Birds from Eastern Plains of Colombia. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* 2001; 96(8): 1173-1176.
74. Adriano EA, Cordeiro NS. Prevalence and intensity of *Haemoproteus columbae* in three species of wild doves from Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* 2001; 96(2): 175-178.
75. Allgayer MC, Guedes NMR, Chiminazzo C, Cziulik M, Weimer TA. Clinical pathology and parasitologic evaluation of free-living nestlings of the hyacinth macaw. *J Wildl Dis* 2006; 45(4): 972-981.
76. Forero MG, Tella JL, Gajón A. Absence of blood parasites in the reed-necked nightjar. *J Field Ornithol* 1997; 68(4): 575-579.
77. Cosgrove CL, Wood MJ, Day KP, Sheldon BC. Seasonal variation in *Plasmodium* prevalence in a population of blue tits *Cyanistes caeruleus*. *Journal of Animal Ecology*, 77:540-548; 2008.
78. Johnson AA. Hematozoa of common grackles (*Quiscalus quiscula versicolor*, *vielliot*) in central Arkansas. *Proceedings Arkansas Academy of Science* 1990; 44:75-78.
79. Blanco G, Merino S, Tella JL, Fargallo JA, Gajón A. Hematozoa in two populations of the threatened red-billed chough in Spain. *J Wildl Dis* 1997; 33(3): 642-645.

80. Freed LA, Cann RL, Goff ML, Kuntz WA, Bodner GR. Increase in avian malaria at upper elevation in Hawaii. *The Condor* 107: 753-764; 2005.

## 6. ANEXOS

### Anexo I. Frecuencia de ácaros en 142 aves capturadas en marzo y julio del 2013 en la Sierra de Huautla, Morelos.

Orden	Familia	Especies	Secas			Lluvias			
			+	n	%	+	n	%	
<i>Apodiformes</i>	<i>Trochilidae</i>	<i>Amazilia beryllina</i>					1	0	
		<i>Amazilia violiceps ellioti</i>					4	0	
		<i>Heliomaster constantii</i>	1	1	100				
		<i>Lampornis clemenciae</i>		1	0				
<i>Columbiformes</i>	<i>Columbidae</i>	<i>Columbina inca</i>		6	0		16	0	
		<i>Columbina passerina</i>					4	0	
<i>Piciformes</i>	<i>Picidae</i>	<i>Melanerpes chrysogenys</i>					2	0	
		<i>Melanerpes hypopolius</i>					11	0	
<i>Passeriformes</i>	<i>Cardinalidae</i>	<i>Passerina caerulea</i>					3	0	
		<i>Passerina cyanea</i>	5	7	71.4				
		<i>Passerina leclancherii</i>	1	1	100		2	0	
		<i>Passerina versicolor</i>	1	1	100		3	0	
		<i>Pheucticus chrysopeplus</i>					1	0	
		<i>Emberizidae</i>	<i>Peucaea botterii</i>		1	0			
			<i>Peucaea humeralis</i>	1	4	25		6	0
			<i>Peucaea ruficauda</i>	1	2	50		1	0
		<i>Furnaridae</i>	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>				1	1	100
		<i>Fringilidae</i>	<i>Haemorhous mexicanus</i>					1	0
			<i>Spinus psaltria</i>					9	0
		<i>Icteridae</i>	<i>Icterus pustulatus</i>		1	0		3	0
			<i>Icterus wagleri</i>					1	0
		<i>Molothrus aeneus</i>					6	0	
	<i>Troglodytidae</i>	<i>Campylorhynchus jocosus</i>					1	0	
		<i>Thryophilus pleurostictus</i>	1	1	100	1	2	50	
	<i>Turdidae</i>	<i>Turdus rufopalliatu</i>	1	3	33.3	7	8	87.5	
	<i>Tyrannidae</i>	<i>Contopus sordidulus</i>	1	1	100		1	0	
		<i>Myiarchus tuberculifer</i>	2	3	66.6	1	4	25	
		<i>Myiarchus tyrannulus</i>	2	3	66.6		4	0	
		<i>Myiopagis viridicata</i>					1	0	
		<i>Pitangus sulphuratus</i>					1	0	
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	2	4	50		3	0	
		<i>Toxostoma curvirostre</i>					1	0	
		<i>Xenotriccus mexicanus</i>	1	1	100				
		<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>48.7</b>	<b>10</b>	<b>101</b>	<b>9.9</b>	

+ aves infectadas con ácaros

n. número total de especies capturadas

% porcentaje de infección de acuerdo a la especie de ave