



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2022; 12:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.29>
Artículo Original. Recibido: 10/01/2022. Aceptado:24/09/2022. Publicado: 12/11/2022. Clave: e2022-2.
<https://www.youtube.com/watch?v=038uzSIHvvU>

Biomarcadores hemáticos en dos especies de aves de pastizal

Hematic biomarkers in two species of grassland birds



Amara Jiménez-Chávez*¹ ID, Martin Pereda-Solís² ID, José Martínez-Guerrero² ID,
Armando Salazar-Borunda² ID, Luis Tarango-Arámbula³ ID**

¹Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Carretera Gómez Palacio, Durango. - Cd. Juárez, Chihuahua. C.P. 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango. México. ²Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Durango - Mezquital, km 11.5. 34000. Durango, Durango. México. ³Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, 78600 Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. *Autor responsable: Amara Sahad Jiménez-Chávez. **Autor de correspondencia: Martín Emilio Pereda-Solís. E-mail: ajimenezc@chapingo.uruza.edu.mx, mepered@ujed.mx, che_hugo1@hotmail.com, borunda@ujed.mx, ltarango@colpos.mx.

RESUMEN

Las poblaciones de aves de pastizal han disminuido significativamente debido a los contaminantes ambientales, evaluar su estado de salud mediante indicadores biológicos es una forma de prevenir el decremento poblacional. El objetivo de la contribución fue examinar el uso de biomarcadores hemáticos (Eritrocitos policromáticos; EPC, eritrocitos policromáticos con micronúcleos; EPCMN, eritrocitos policromáticos con prolongaciones nucleares; EPCPN, eritrocitos micronucleados; EMN, eritrocitos con prolongaciones nucleares; EPN, recuento leucocitario y relación H/L) y la posible exposición a sustancias xenobioticas del gorrión chapulinero (*Ammodramus savannarum*) y el gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*). Durante la temporada invernal de 2020 en Cuchillas de la Zarca, Durango se colectaron 57 ejemplares (34 *A. savannarum* y 23 *C. bairdii*), se obtuvieron las frecuencias basales de los biomarcadores hemáticos cuyos valores no constituyeron evidencia de que las aves se hayan expuesto a sustancias contaminantes como agroquímicos, metales y metaloides. Las frecuencias basales de los biomarcadores hemáticos obtenidos en este estudio fueron similares a las reportadas en otras especies de aves aparentemente sanas. La frecuencia observada de EPC y EMN sugiere la posibilidad de usar a estas especies de aves como candidatas a biomonitoras cuando se sospecha de exposición a compuestos citotóxicos o genotóxicos.

Palabras clave: *Ammodramus savannarum*, *Centronyx bairdii*, relación heterófilo/linfocito, análisis leucocitario, prueba de micronúcleos.

ABSTRACT

Grassland bird populations have decreased significantly due to environmental contaminants, evaluating their health status through biological indicators is a way to prevent population decline. The aim of the contribution was to examine the use of hematic biomarkers (Polychromatic erythrocytes; PCE, polychromatic erythrocytes with micronucleus; PCEMN, polychromatic erythrocytes with nuclear extensions; PCEPN, erythrocytes micronucleated; MNE, erythrocytes with nuclear extensions; PNE, leukocyte count and ratio H /L) and the possible exposure to xenobiotic substances of the grasshopper



sparrow (*Ammodramus savannarum*) and Baird's sparrow (*Centronyx bairdii*). During the winter season of 2020 in Cuchillas de la Zarca, Durango, 57 specimens were collected (34 *A. savannarum* and 23 *C. bairdii*), the basal frequencies of the hematic biomarkers were obtained, whose values did not constitute evidence that the birds had been exposed to polluting substances such as agrochemicals, metals and metalloids. The basal frequencies of the blood biomarkers obtained in this study were similar to those reported in other apparently healthy bird species. The observed frequency of PCE and MNE suggests the possibility of using these bird species as biomonitor candidates when exposure to cytotoxic or genotoxic compounds is suspected.

Keywords: *Ammodramus savannarum*, *Centronyx bairdii*, heterophile/lymphocyte ratio, leukocyte analysis, micronucleus test.

INTRODUCCIÓN

La agricultura, la industria y el urbanismo son fuentes importantes de contaminación; ya sea del aire, agua o suelo donde la acumulación de sustancias contaminantes afecta los diferentes niveles de la organización ecológica. Estas sustancias, incluso pueden pasar de un nivel a otro afectando a las poblaciones humanas (Connell *et al.*, 2009). Las aves de pastizal son sensibles a la contaminación y son útiles en el monitoreo ambiental (Macías-Duarte *et al.*, 2009; Stanton *et al.*, 2018), estas aves presentan una grave disminución de sus poblaciones (el 74 % de las especies), Rosenberg *et al.* (2019) estiman una pérdida de más del 53 % de sus poblaciones originales. Particularmente existen dos especies de gorriones cuyas poblaciones presentan un declive fuerte, el gorrión chapulinero (*Ammodramus savannarum*) y el gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*) (Sauer *et al.*, 2014). Ambas especies presentan un preocupante decremento poblacional que se estima de -2.1 % para el gorrión de Baird y -2.5 % para el gorrión chapulinero (Sauer *et al.*, 2014) dicho decremento está relacionado a la pérdida de hábitat, conversión de los pastizales naturales en zonas de cultivo o ganadería, incendios, uso indiscriminado de agroquímicos al igual que el cambio climático (Askins *et al.*, 2007; Rosemberg *et al.*, 2019). Por esta razón monitorear contaminantes en aves de pastizal, aporta elementos adicionales para evaluar su efecto en la dinámica de sus poblaciones e incluso en sus patrones de distribución. Para evaluar la presencia y el daño de los contaminantes ambientales se utilizan técnicas o biomarcadores que brindan información oportuna sobre el daño ocurrido en los organismos expuestos de forma aguda o crónica a los agentes nocivos (Torres-Bugarín *et al.*, 2019).

Un biomarcador o marcador biológico es una alteración inducida por medio de una sustancia xenobiótica en componentes o procesos celulares o bioquímicos, estructurales o funcionales que se pueden medir en un sistema biológico, también se definen como señales fisiológicas que reflejan la exposición a una sustancia química o un grupo de agentes químicos (Gil & Pla, 2001).



Los biomarcadores más utilizados en la biomonitorización de ecosistemas son dos: de *exposición* y de *efecto*. Un biomarcador de *exposición* permite estimar la concentración acumulada de sustancias contaminantes o sus metabolitos en tejidos o incluso en el organismo entero, mediante el análisis químico de fluidos corporales o excretas, tales como sangre, orina, y el aire que se exhala. Un biomarcador de *efecto* es una alteración medible (bioquímica, estructural, funcional o de comportamiento) en un organismo que puede asociarse con una enfermedad o deterioro de la salud (Gil & Pla, 2001).

La técnica para la determinación de eritrocitos micronúcleados (EMN) y con prolongaciones nucleares (EPN) en sangre periférica es uno de los biomarcadores de efecto más versátil y ampliamente utilizado debido a su efectividad, relativa sencillez, rapidez en la obtención de resultados y bajo costo. Esta prueba es altamente informativa, ya que, al observar dichas estructuras en el citoplasma de las células analizadas, se corrobora la pérdida de material genético, evento altamente relacionado con procesos carcinogénicos (Torres-Bugarín *et al.*, 2019).

Las células leucocitarias (heterófilos, eosinófilos, basófilos, linfocitos y monocitos) así como la relación de heterófilos y linfocitos (H/L) son biomarcadores que se utilizan para evaluar la condición inmunológica y la salud de las aves cuando éstas se someten a factores estresantes como la exposición a contaminantes como metales y compuestos organoclorados (Krams *et al.*, 2012; Martínez-Quintanilla *et al.*, 2017). En correspondencia a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue explorar el uso de biomarcadores hemáticos (eritrocitos policromáticos EPC, EPCMN, EPCPN, EMN, EPN, recuento leucocitario y relación H/L) en dos especies de gorriones de pastizal (*Ammodramus savannarum* y *Centronyx bairdii*) y determinar si estos biomarcadores constituyen evidencia de exposición a sustancias xenobioticas como algunos agroquímicos, metales y metaloides.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la localidad de Canutillo en la región conocida como Cuchillas de la Zarca, Durango; ubicada entre las coordenadas geográficas extremas 25° 20' 00" y 27° 00' 00" de latitud Norte y 105° 50' 00" y 104° 25' 00" de longitud Oeste, en el norte de Durango (Figura 1), el área de estudio posee un clima mayormente Semiárido-Templado (BS1kw), con una temperatura media anual de entre los 12 a 18°C, siendo la temperatura más fría entre los -3 y 18°C y la más caliente menor a 22°C (Montes-Aldaba *et al.*, 2018).

Cuchillas de la Zarca colinda con el límite sur del estado de Chihuahua en una porción del Desierto Chihuahuense, y se considera como Región Prioritaria para la



Conservación de Pastizales (APCP), la cual durante el otoño e invierno recibe un gran número de aves invernantes (Macias-Duarte *et al.*, 2018) mientras que las principales actividades productivas son la agricultura y la ganadería.



Figura 1. Localización del área de estudio en Cuchillas de la Zarca, Durango, México

Descripción de los organismos

El gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*) se reproduce en el sur de Canadá y norte de los Estados Unidos, inverna en Arizona, Nuevo México y Texas y en México en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango y Coahuila. El gorrión chapulinero (*Ammodramus savannarum*) se reproduce desde el sur de Canadá hasta el norte de México, inverna en México y en la parte oeste de Centro América. Estas dos especies de aves pertenecen a la familia *Emberizidae*. Son aves granívoras y poseen un pico con una forma distintiva (Sierra-Franco *et al.*, 2019).

Método de captura

La colecta de aves se realizó durante la tercera semana de noviembre de 2020, durante la mañana (de 6:00 a 12:30 h) y por la tarde (14:00 a 18:00 h) para ello, se utilizaron dos redes de niebla de 12 metros de largo y 2.60 metros de alto, fabricadas de polyester negro modelo KTX de Avian Research Supplies, AFO, de 36 mm de malla y la ayuda de nueve personas para usar el método de arreo de las aves hacia la red (Beyer & Panjabi, 2010). La captura de aves se amparó con el permiso de Colecta Científica de SEMARNAT SGPA/DGVS/05450/20.

Toma y procesamiento de muestras

A cada individuo capturado se le extrajo una muestra de sangre (0.75 μ L aproximadamente equivalente a una o dos gotas) mediante punción de la vena braquial/ulnar con una jeringa de insulina U-100 con aguja (sin espacio muerto) 1 mL 29GX 13



mm. A cada ejemplar capturado se le realizaron dos frotis sanguíneos utilizando un portaobjetos limpio, desengrasado y codificado, dejando secar al aire libre las muestras sanguíneas. Posteriormente los frotis fueron trasladados en cajas para archivar/transportar portaobjetos marca CRM GLOBE modelo CRM-0100 al Laboratorio de Apoyo al Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango donde se fijaron en etanol al 80 % durante 10 minutos y posteriormente se tiñeron. Para realizar el diferencial leucocitario uno de los frotis sanguíneos se tiñó con hemocolorante rápido marca HYCEL Reactivos Químicos (Diff-Quik = DQ) durante 30 segundos en cada una de las tres soluciones; posteriormente, las muestras se lavaron con agua destilada y secadas al aire libre. Para el conteo de EPC, EPCMN, EPCPN, EMN y EPN, el segundo frotis se tiñó con anaranjado de acridina (AC), para ello se preparó una solución buffer y se realizó la tinción descrita por [Torres-Bugarín et al., \(2014\)](#).

Para obtener el diferencial leucocitario y el índice H/L (tinción DQ) se usó un microscopio óptico con objetivo 100X (VanGuard modelo 1400 Fli series), se contaron 100 leucocitos de cada muestra obtenida y se identificaron cinco tipos de células (heterófilos, linfocitos, eosinófilos, monocitos, y basófilos). Para los frotis teñidos con AC se utilizó el mismo microscopio y objetivo pero se empleó una lámpara de fluorescencia, se cuantificaron 10,000 eritrocitos totales (ET) en los que se identificaron la frecuencia de eritrocitos micronucleados (EMN), eritrocitos con prolongaciones nucleares (EPN), en el caso de los eritrocitos inmaduros (EPC, EPCMN y EPCPN) se estimó su frecuencia considerando 1,000 ET y 1,000 EPC los últimos dos biomarcadores ([Clark, 2015](#)).

Análisis estadístico

Para cada variable de estudio (frecuencia de EMN, EPN, EPC, EPCMN, EPCPN, porcentajes de cada uno de los grupos leucocitarios y la relación H/L) se calculó el promedio y desviación estándar. Asimismo, se confirmaron los supuestos de normalidad para realizar comparaciones entre especies (Tukey $\alpha=0.05$). Los datos de las variables de estudio fueron organizados en una hoja electrónica Microsoft Excel® y para el análisis estadístico se usó el programa Minitab® 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cuchillas de la Zarca, Durango, México, se capturaron y muestrearon 57 ejemplares de gorriones adultos, de los cuales 34 fueron *Ammodramus savannarum* y 23 *Centronyx bairdii*. Todas las aves capturadas y procesadas se observaron aparentemente sanas, sin lesiones y en buenas condiciones corporales, incluso algunos ejemplares con grasa subcutánea.



Frecuencia de EPC, EPCMN, EPCPN, EMN y EPN

Los EPC tienen un periodo de vida de aproximadamente 24 h (posteriormente se transforman en eritrocitos normocromáticos), estos se tiñen de color rojo con el colorante anaranjado de acridina, lo que facilita su identificación cuando se pretende contarlos en situaciones donde se sospecha de período cortos de exposición a contaminantes (Torres-Bugarín *et al.*, 2019). La frecuencia de EPC/1000 ET también es útil para detectar efectos citotóxicos, debido a que la proliferación de los eritrocitos inmaduros (EPC) se disminuye cuando existe una exposición a agentes tóxicos que afectan directamente la médula ósea y genera en consecuencia una depresión celular (Zaizuhana *et al.*, 2006).

La frecuencia promedio de EPC (Cuadro 1) observada en las aves de este estudio resultó superior a los valores obtenidos para las mismas especies (*C. bairdii* 41.9 ± 16.41 y *A. savannarum* 47.28 ± 24.14) en otro sitio ubicado en la misma región (Pereda-Solís *et al.*, 2022), sin embargo las frecuencias de EPCMN y EPCPN fueron similares al observarse en ambas especies un valor menor de 1.

Los micronúcleos se identificaron como masas similares al núcleo, pero de menor tamaño, completamente separados de este, pero dentro del citoplasma del eritrocito. Cuando se observan 6 o más EMN/10,000 ET, se considera que el bazo no tiene un estricto control sobre estas células y, por lo tanto, al exponerse a sustancias genotóxicas, el número de EMN se incrementará (Torres-Bugarín *et al.*, 2019). Cuando esto ocurre, que es el caso de los valores observados en ambas especies de aves de este estudio (Cuadro 1), se reconoce que estas especies son susceptibles a daño genotóxico y pueden ser propuestas como bioindicador mediante el uso de la prueba de micronúcleos (Zúñiga-González *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Frecuencia de anomalías eritocitarias en dos especies de aves de pastizal

Especie	EPC/ 1000 ET	EPCMN/ 1000 EPC	EPCPN/ 1000 EPC	EMN/ 10,000 ET	EPN/ 10,000 ET
<i>A. savannarum</i>	97.3 ± 27.6	0.06 ± 0.25	0.00 ± 0.0	10.7 ± 6.1	27.7 ± 12.0
<i>C. bairdii</i>	103.2 ± 21.1	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.2	8.4 ± 8.6	22.2 ± 10.6

EPC: Eritrocitos policromáticos, EPCMN: Eritrocitos policromáticos con micronúcleos, EPCPN: Eritrocitos policromáticos con prolongaciones nucleares, EMN: Eritrocitos con micronúcleos, EPN: Eritrocitos con prolongaciones nucleares. ET: Eritrocitos totales. Valores promedio \pm desviación estándar

Las prolongaciones nucleares (PN) son estructuras similares a los micronúcleos (MN) en la forma y tamaño, que, a diferencia de los MN, están vinculados con el núcleo principal de la célula por un hilo o hebra de cromatina (Fenech & Crott, 2002). La



formación de PN está relacionada al origen de los MN por lo que ambas mediciones pueden ser utilizadas como biomarcadores de exposición a sustancias genotóxicas (Serrano-García, 2001).

Es difícil establecer comparaciones de los EPN observados en las aves del presente estudio (Cuadro 1) con otras especies debido a que el valor de este biomarcador es altamente variable; por ejemplo, en un estudio con individuos de la especie ganso nevado (*Anser caerulescens*), Martínez-Quintanilla *et al.* (2017) reportaron un promedio de 249.2/10,000 ET, Gómez-Meda (2006) estimó 91.7/10,000 ET en individuos de perico frente amarilla (*Aratinga canicularis*), Kursa & Bezrukov (2008) estimaron 0.71/10,000 ET en el págalo antártico (*Stercorarius maccormicki*).

La variación en los valores de estos biomarcadores hemáticos se debe a diversos factores, entre ellos el estado fisiológico asociado a comportamientos como la migración, época de cortejo, reproducción, crianza (Norris & Evans, 2000), competencia por los recursos y, en algunos casos, el establecimiento y defensa de territorios la energía disponible puede variar según la calidad y disponibilidad de alimentos, competencia por recursos, depredación, clima y exposición a nuevos patógenos en sitios de descanso o lugar de migración (Carbó-Ramírez & Zuria, 2015; De León-Mata *et al.*, 2020).

Diferencial leucocitario y relación Heterófilo /Linfocito (H/L)

Al comparar los valores promedio de cada tipo de leucocitos, se observó que ambas especies de gorriones presentaron valores similares ($p > 0.5$). En el análisis de los frotis sanguíneos de estas aves, los linfocitos fueron los leucocitos más abundantes, para *A. savannarum* (48 % \pm 21.2) y para *C. bairdii* (45.8 % \pm 19.8). Campbell (2014), destaca que algunas especies paseriformes son linfocíticas, posiblemente debido a su naturaleza migratoria, lo que significa que someten su sistema inmunológico a factores como cambios climáticos y un mayor gasto energético, por lo que generan una respuesta adaptativa para producir una mayor cantidad de linfocitos. Norris & Evans (2000) coinciden al mencionar que las aves desarrollan actividades energéticamente exigentes durante la migración, ya que tienen que afrontar muchos retos durante los meses de invierno, incluida la competencia por los recursos y, en algunos casos, el establecimiento y defensa de territorios. Asimismo, la energía disponible puede variar según la calidad y disponibilidad de alimentos, competencia por recursos, depredación, clima y exposición a nuevos patógenos en sitios de descanso o lugar de migración (Carbó-Ramírez & Zuria, 2015; De León-Mata *et al.*, 2020). En un sentido opuesto la linfopenia es la disminución de linfocitos que implica una inmunosupresión, la cual generalmente, puede deberse a infecciones (Demina *et al.*, 2019), en el caso de ser



linfopenia relativa aunada a heterofilia se presume que el ejemplar tiene infecciones virales severas o agudas (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009).

Los heterófilos son granulocitos presentes en el sistema inmune de las aves, estos son los primeros agentes contra infecciones bacterianas, virales y parasitarias (Martínez-Quintanilla *et al.*, 2017). Para *A. savannarum* se observaron 23.5 ± 13.6 % y para *C. bairdii* 32.9 ± 16.41 %, ambos valores en el rango normal observado para otras especies de aves (Cuadro 2). Sin embargo, cuando se presenta un aumento en el conteo sanguíneo de estas células se le denomina heterofilia, la cual corresponde a la respuesta del sistema inmune inespecífico a una infección o daño tisular (Demina *et al.*, 2019), mientras que la heterofilia por estrés es el resultado del aumento de corticoesteroides o excitación de las aves al igual que los procesos inflamatorios e infecciosos agudos (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Valores de referencia del diferencial leucocitario (%) en algunas especies de aves

Especie	Heterófilo	Linfocito	Monocito	Eosinófilo	Basófilo	Referencia
Loro gris (<i>Psittacus erithacus</i>)	45-75	20-50	0-3	0-2	0-5	(Gálvez-Martínez <i>et al.</i> , 2009)
Cacatúa (<i>Cacatua spp.</i>)	45-75	20-50	0-4	0-2	0-5	(Gálvez-Martínez <i>et al.</i> , 2009)
Guacamayos (<i>Ara spp.</i>)	28-95	2-72	1-15	1-5	2-5	(Gálvez-Martínez <i>et al.</i> , 2009)
Canarios (<i>Serinus spp.</i>)	20-50	40-75	0-1	0-1	0-5	(Gálvez-Martínez <i>et al.</i> , 2009)
Periquitos (<i>Melopsittacus spp.</i>)	45-70	40-75	0-1	0-1	0-5	(Gálvez-Martínez <i>et al.</i> , 2009)
Cacatúa ninfa (<i>Nymphicus hollandicus</i>)	40-70	25-55	0-2	0-2	0-6	(Osofsky <i>et al.</i> , 2005)
Loro de Cuba (<i>Amazona leucocephala</i>)	23-65	34-68	0-3	0-0	0-2	(Soto-Piñeiro <i>et al.</i> , 2009)
Tecolote llanero (<i>Athene cunicularia</i>)	36	40	1	22	1	(Cavalli <i>et al.</i> , 2018)
Gorrión pálido (<i>Spizella pallida</i>)	8.2	52.5	9.3	0.2	24.6	(Carbó-Ramírez & Zuria, 2015)
Gorrión cejas blancas (<i>Spizella passerina</i>)	10.30	43.30	12.80	0.30	33.40	(Carbó-Ramírez & Zuria, 2015)



Gorrión barbinegro (<i>Spizella atrogulari</i>)	20.60	37.50	12.90	1.00	28.50	(Carbó-Ramírez & Zuria, 2015)
Gorrión chapulinero (<i>Ammodramus savannarum</i>)	4-58	16-86	2-46	0-22	0-16	Este estudio
Gorrión de Baird (<i>Centronyx bairdii</i>)	28-73	45-85	21-38	2-8	0-10	Este estudio

Los monocitos presentan un citoplasma más abundante que las células anteriores y en ocasiones con presencia de vacuolas citoplasmáticas, poseen un sólo núcleo y no contienen gránulos en su citoplasma. Los valores determinados para *A. savannarum* fueron de 21.8 % \pm 11.5 y para *C. bairdii* 16.5 % \pm 12.1. Parece ser que los valores de estas células son ampliamente variables entre especies de aves aparentemente sanas (Cuadro 2); sin embargo, niveles superiores se pueden considerar como monocitosis relativa o absoluta, posiblemente causada por infecciones crónicas tales como clamidia, micobacterias y fúngicas (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009).

Los eosinófilos se diferencian de los heterófilos por su forma redondeada, núcleo claro con moteado obscuro y presencia de gránulos en el citoplasma; la presencia de estas células es relativamente baja (del 0 al 2 %) (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009), esto es consistente con lo observado en las especies utilizadas en este estudio, ya que fue el grupo celular de menor valor con promedios de 4.7 % \pm 5.8 en el *A. savannarum* y 2.3 % \pm 2.5 en *C. bairdii* (Cuadro 2). La frecuencia de eosinófilos alta denota infecciones parasitarias tales como giardiasis, ascaridiasis, y cestodiasis, en cuanto a las alergias pueden presentarse bajo condiciones de dermatitis o hipersensibilidad respiratoria o daño a tejidos por cambios en la histopatología; sin embargo, estos padecimientos no siempre se encuentran asociados a una eosinofilia periférica (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009). La presencia de eosinófilos en sangre periférica es rara; sin embargo, se ha descrito que el decremento o eosinopenia, en aves de corral, ocurre bajo estrés calórico debido a que estas células participan en la fase inicial para contrarrestar la respuesta al estrés agudo (Díaz *et al.*, 2016).

El conteo de células basófilas en sangre periférica es ampliamente variable entre las especies de aves (Cuadro 2), algunos autores reportan que son células leucocíticas de baja frecuencia (0 a 5 %) (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009). Para *A. savannarum* observamos 1.9 % \pm 3.5 y para *C. bairdii* 2.4 % \pm 3.6. Su morfología se distingue por poseer gránulos rojizos en el citoplasma con el núcleo agrandado y granular en tonos oscuros, aunque su función exacta no se encuentra documentada; los basófilos incrementan las respuestas de memoria de anticuerpos, estos generan proteínas como las inmunoglobulinas (Ig) tal como la IgE e histaminas en respuesta a cargas parasitarias, alergias y procesos inflamatorios respectivamente (NIH, 2014). La



presencia elevada de los basófilos o basofilia en las aves se relaciona con infecciones respiratorias, mientras que niveles bajos (basopenia) en aves aún no se documentan (Gálvez-Martínez *et al.*, 2009). Sin embargo, esta se produce como respuesta a reacciones de hipersensibilidad aguda, infecciones y tirotoxicosis (Thonnard-Neumann, 1961), esta última puede tener efectos sobre la regulación de las hormonas T3 y T4 (Malarkey *et al.*, 2013) las cuales influyen sobre el plumaje de las aves y vulnerabilidad desencadenada a patógenos.

Como ya se ha mencionado, en las aves, el número y la proporción de células leucocitarias reflejan la salud de los individuos y por ende de la población en general; sin embargo, la proporción en los valores leucocitarios pueden diferir entre especies, de vida libre o cautiverio, sexo y edad, incluso entre aves residentes o migratorias (Campbell, 2007; Carbó-Ramírez & Zuria, 2015).

La respuesta inmune en las aves se puede medir a través de los valores leucocitarios y la relación heterófilo/linfocito, ambos se alteran cuando se produce la respuesta de defensa ante agentes extraños, por lo cual siempre es posible que un aumento o disminución de un tipo leucocitario en particular sea consecuencia de que las aves están implicadas en algún proceso infeccioso no determinado, o recuperándose de él (Demina *et al.*, 2019). Los valores de la relación heterófilo/linfocito calculados para *A. savannarum* fue de 0.5 y para *C. bairdii* fue 0.7. Es importante mencionar que estos índices se obtuvieron durante la estancia invernal de las aves en una parte del Desierto Chihuahuense de Durango, esta región presenta características diferentes al hábitat reproductivo de las aves, sin embargo, los valores son similares a los descritos para otras especies de aves pequeñas en cautiverio y en vida libre reportadas como sanas (Baesse *et al.*, 2015), sería importante considerar la continuidad de este tipo de trabajos para que estos índices se calculen con un mayor número de aves y de esta manera obtener estimaciones más precisas.

CONCLUSIÓN

Se obtuvieron las frecuencias basales de biomarcadores hemáticos (EPC, EPCMN, EPCPN, EMN, EPN, recuento leucocitario y relación H/L) en gorriones de las especies *A. savannarum* y *C. bairdii* cuyas poblaciones están disminuyendo. Los valores obtenidos no constituyen evidencia de que las aves colectadas se hayan expuesto a sustancias contaminantes como agroquímicos, metales y metaloides. Las frecuencias basales de EMN y EPN fueron similares a las reportadas en otras especies de aves aparentemente sanas. La frecuencia observada de EPC y EMN sugiere la posibilidad de usar a estas especies de aves como candidatas a biomonitoras cuando se sospecha de exposición a compuestos citotóxicos o genotóxicos. Se recomienda continuar este tipo de estudios para incluir un mayor número de aves con diferenciación entre sexos,



para generar valores de referencia más precisos en estos biomarcadores. La presente contribución es uno de los primeros trabajos realizados con biomarcadores sanguíneos en estas dos especies de aves en México.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Martha C. Martínez Quintanilla por su ayuda en la capacitación de laboratorio, a Fernando Flores Morales, Daniel Sierra Franco y Genaro Olmos Oropeza por su apoyo durante la captura de aves. Asimismo, se agradece al CONACYT por la beca otorgada a la estudiante para sus estudios de maestría y a la Dirección General de Vida Silvestre por el permiso de Colecta Científica expedido.

LITERATURA CITADA

ASKINS RA, Chávez-Ramírez F, Dale BC, Haas CA, Herkert JR, Knopf FL, Vickery PD. 2007. Conservation of grassland birds in North America: understanding ecological process in different regions. *Ornithological Monographs* 64: 1–64.

<https://doi.org/10.2307/40166905>

BAESSE CQ, Tolentino VC, Silva AM da, Silva A de A, Ferreira GÂ, Paniago LPM, Nepomuceno JC, Melo C. 2015. Micronucleus as biomaker of genotoxicity in birds from Brazilian Cerrado. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 115(1):223–228. ISSN: 0147-6513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.02.024>

BEYER L, Panjabi A. 2010. Desert grassland bird conservation: is low winter survival driving population declines? Phase II. Annual. Report I-MXPLAT-NPS-09-02 Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO. Pp.13.

https://www.birdconservancy.org/wp-content/uploads/2015/08/Grassland-Bird-Survival-Phase-2_2010-Annual-Report.pdf

CAMPBELL TW. 2007. "Hematology". En: Cambell TW, Ellis ChK, Avian and exotic animal hematology and cytology. Iowa, USA: Iowa State University Press. Pp 54. ISBN: 0813818117. <http://avianmedicine.net/wp-content/uploads/2013/03/9.pdf>

CAMPBELL TW. 2014. Citología Hemática: Evaluación del frotis sanguíneo. *ZooLógica*. 1(1):19-34. <http://www.alvefas.org/Citologia-hematica.pdf>

CARBÓ-RAMÍREZ P, Zuria I. 2015. Immune condition and blood parasites in three sparrow species with different migratory status in central Mexico. *Avian Biology Research*. 8(3):167–174. ISSN: 1400-0536.

<https://doi.org/10.3184/175815515X14371521830098>

CLARK P. 2015. Assessment of avian erythrocytes that exhibit variant nuclear morphology. *Comp Clin Pathol*. 24:485–490. ISSN: 1618-5641.

<https://doi.org/10.1007/s00580-014-1926-6>

CAVALLI M, Baladrón AV, Isacch JP, D'Amico V, Bó MS. 2018. Perfiles leucocitarios y condición corporal de lechuzas llanero (*Athene cunicularia*) de vida libre de zonas



- rurales y urbanas de la pampa argentina. *Revista Brasileira de Ornitología*. 26(1):45-51. ISSN: 2178-7875. <https://doi.org/10.1007/BF03544414>
- CONNELL D, Lam P, Richardson B, Wu R. 2009. Introduction to ecotoxicology. Oxford: Wiley-Blackwell. Pp. 180. ISBN: 978-0-632-03852-7. <https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Ecotoxicology-p-9781444313260>
- DE LEÓN-MATA D, Martínez-Guerrero JH, Pereda-Solís M, Sierra-Franco D, Wehenkel Ch, Rodríguez-Maturino A, Panjabi AO. 2020. Aves de pastizal invernando en México: relaciones de densidad y hábitat. *Biocencia*. 22(2):163–170. ISSN: 1665-1456. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v22i2.1258>
- DEMINA I, Tsvey A, Babushkina O, Bojarinova J. 2019. Time-keeping programme can explain seasonal dynamics of leukocyte profile in a migrant bird. *Journal of Avian Biology*. 50(7):1–13. ISSN: 1600-048X. <https://doi.org/10.1111/jav.02117>
- DÍAZ EA, Narváez-Solarte W, Giraldo JA. 2016. Alteraciones hematológicas y zootécnicas del pollo de engorde bajo estrés calórico. *Información Tecnológica*. 27(3):221–230. ISSN: 0718-0764. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000300021>
- FENECH M, Crott JW. 2002. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes-evidence for breakage-fusion bridge cycles in the cytokinesis-block micronucleus assay. *Mutation Research*. 504:131-136. ISSN: 0027-5107. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(02\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(02)00086-6)
- GÁLVEZ-MARTÍNEZ CF, Ramírez-Benavides GF, Osorio JH. 2009. The clinic laboratory in hematology of exotic birds. *Biosalud*. 8(1):178–188. ISSN: 1657-9550. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v8n1/v8n1a20.pdf>
- GIL F, Pla A. Biomarkers as biological indicators of xenobiotic exposure. *Journal Of Applied Toxicology*. 2001. 21(4):245-255. ISSN: 0260437X. <https://doi.org/10.1002/jat.769>
- GÓMEZ-MEDA BC, Zamora-Pérez AL, Luna-Aguirre J, González-Rodríguez A, Ramos-Ibarra ML, Torres-Bugarín O, Batista-González CM, Zúñiga-González GM. 2006. Nuclear abnormalities in erythrocytes of parrots (*Aratinga canicularis*) related to genotoxic damage. *Avian Pathology*. 35(3):206-210. ISSN: 0307-9457. <https://doi.org/10.1080/03079450600711003>
- KRAMS I, Vrublevska J, Cirule D, Kivleniece I, Krama T, Rantala MJ, Hõrak, P. 2012. Heterophil/lymphocyte ratios predict the magnitude of humoral immune response to a novel antigen in great tits (*Parus major*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 161(4):422-428. ISSN: 1095-6433. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.12.018>
- KURSA M, Bezrukov V. 2008. Health status in an antarctic top predator: Micronuclei frequency and white blood cell differentials in the south polar skua (*Catharacta maccormicki*). *Polarforschung*. 77(1):1-5. ISSN: 0032-2490. <https://epic.awi.de/id/eprint/28705/1/Kur2008b.pdf>



MACÍAS-DUARTE A, Montoya AB, Méndez-González CE, Rodríguez-Salazar JR, Hunt WG, Krannitz PG. 2009. Factors influencing habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *The Auk*. 126(4):896–905. ISSN: 0004-8038. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08251>

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO, Pool D, Ruvalcaba-Ortega I, Levandoski GJ. 2018. Fall vegetative cover and summer precipitation predict abundance of wintering grassland birds across the Chihuahuan Desert *Journal of Arid Environments* 156(1): 41-49. ISSN: 0140-1963. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.04.007>

MALARKEY DE, Hoenerhoff M, Maronpot RR. 2013. *Carcinogenesis. Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology*. Canadá. Pp. 107–146. ISBN: 9780124157590. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-415759-0.00005-4>

MARTÍNEZ-QUINTANILLA MC, Torres-Bugarín O, Martínez-Guerrero JH, Delgado-León TG, Salas-Pacheco JM, Pereda-Solís ME. 2017. Relación heterófilo/linfocito, frecuencia espontánea de eritrocitos micronucleados y prolongaciones nucleares en el ganso nevado (*Chen caerulescens*): Una propuesta como posible biomonitor de estrés y genotóxicos ambientales. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. 18(1):102–111. ISSN: 1870-7459. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2017.18.1.268>

MINITAB 18. 2019. Methods and formulas for Principal Components Analysis. 2020. <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/multivariate/how-to/principal-components/methods-and-formulas/methods-and-formulas/>

MONTES-ALDABA A, Martínez-Guerrero J, López-Serrano P, Pereda-Solís M, Strasser E. 2018. Descripción del hábitat invernal de aves de pastizal con sensores remotos y estimación visual. *Abanico Veterinario*, 8(3):106-117. ISSN: 2448-6132. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.8>

NIH (National Institute of Allergy and Infectious Diseases). 2014. Immune Cells. 2020. National Institute of Allergy and Infectious Diseases. Pp 01. <https://www.niaid.nih.gov/research/immune-cells>

NORRIS K, Evans MR. 2000. Ecological immunology: life history trade-offs and immune defense in birds. *Behavioral Ecology*. 11(1):19-26. ISSN: 1045-2249. <https://doi.org/10.1093/beheco/11.1.19>

OSOFSKY A, Tell LA, Kass PH, Wetzlich SE, Nugent-Deal J, Craigmill AL. 2005. Investigation of Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a pharmacokinetic model for cockatiels (*Nymphicus hollandicus*) and Poicephalus parrots via comparison of the pharmacokinetics of a single intravenous injection of oxytetracycline hydrochloride. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*. 28(6):505-513. ISSN: 0140-7783. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2005.00694.x>

PEREDA-SOLIS ME, Guillén-González CS, Ramírez-Carreño K, Martínez-Guerrero JH, Sierra-Franco D, Salazar-Borunda MA y Torres-Bugariín O. 2022. Perfil leucocitario y prolongaciones nucleares eritrocitarios en gorriones (*Centronyx bairdii* y *Ammodramus*



savannarum) del Desierto Chihuahense Durante el Invierno. *Agrociencia*. 56:46-60. ISSN: 1405-3195 <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i1.2710>

ROSENBERG KV, Dokter AM, Blancher PJ, Sauer JR, Smith AC, Smith PA, Stanton JC, Panjabi A, Helft L, Parr M, Marra PP. 2019. Decline of the North American avifauna. *Science*. 366(6461):120–124. ISSN: 1095-9203.

<https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>

SAUER JR, Hines JE, Fallon JE, Pardieck KL, Ziolkowski DJ, Link WA. 2014. The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966–2015. *Laurel, MD: USGS. Science for a changing world*. 79 (79):1-32. ISSN: 0078-1304.

<https://doi.org/10.5066/P96A7675>

SIERRA-FRANCO D, Martínez-Guerrero JH, Pereda-Solís ME. 2019. Patrón de movimientos y ámbito hogareño invernal de aves de pastizal en el noroeste de México. *Biotecnia*. 21(3):41-47. ISSN: 1665-1456.

<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1010>

SERRANO-GARCÍA L, Montero-Montoya R. 2001. Micronuclei and chromatid buds are the result of related genotoxic events. *Environ Mol Mutagen*. 38:38-45. ISSN: 0893-6692. <https://doi.org/10.1002/em.1048>

SOTO-PIÑEIRO CJ, Acosta-Guevara I, Cruz-López E. 2009. Parámetros hematológicos de Cotorras (*Amazona leucocephala*) y Cateyes (*Aratinga euops*). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 10(7B):1-10. ISSN: 1695-7504.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617142007>

STANTON RL, Morrissey CA, Clark RG. 2018. Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 254(1): 244–254. ISSN: 0167-8809.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.028>

THONNARD-NEUMANN E. 1961. The influence of hormones on the basophilic leukocytes. *Acta Haematologica*. 25(4):261. ISSN: 1421-9662.

<https://doi.org/10.1159/000206541>

TORRES-BUGARÍN O, Carillo-Gómez CS, Armijo-Gómez JA. 2019. Evaluación de genotóxicos ambientales mediante la prueba de micronúcleos en sangre periférica. En *Ecología y salud de la fauna silvestre*. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. Pp. 59–89. ISBN-13:9786075032238.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4U-xDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA59&dq=Evaluaci%C3%B3n+de+genot%C3%B3xicos+ambientales+mediante+la+prueba+de+micron%C3%BAcleos+en+sangre+perif%C3%A9rica&ots=fD6Mro0LEV&sig=xcy0ATNbwK35mRi6bnlOxJqeYkQ#v=onepage&q=Evaluaci%C3%B3n%20de%20genot%C3%B3xicos%20ambientales%20mediante%20la%20prueba%20de%20micron%C3%BAcleos%20en%20sangre%20perif%C3%A9rica&f=false>



TORRES-BUGARÍN O, Zavala-Cerna MG, Nava A, Flores-García A, Ramos-Ibarra ML 2014. Potential uses, limitations, and basic procedures of micronuclei and nuclear abnormalities in buccal cells. Marcadores de enfermedades. *Dis Markers in UDG*. ISSN: 0278-0240. <https://doi.org/10.1155/2014/956835>

ZAIZUHANA S, Puteri JNMB, Noralashikin Y, Muhammad H, Rohana AB, Zakiah I. 2006. The *in vivo* rodent micronucleus assay of Kacip Fatimah (*Labisia pumila*) extract. *Trop Biomed*. 23:214-219. ISSN: 2521-9855. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17322824/>

ZÚÑIGA-GONZÁLEZ G, Torres-Bugarín O, Zamora-Perez A, Gómez-Meda BC, Ramos Ibarra ML, Martínez-González S, González-Rodríguez A, Luna-Aguirre J, Ramos-Mora A, Ontiveros-Lira D, Gallegos-Arreola MP. 2001. Differences in the number of micronucleated erythrocytes among young and adult animals including humans - Spontaneous micronuclei in 43 species. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 494 (1-2): 161-7. ISSN: 0027-5107.

[https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(01\)00180-2](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(01)00180-2)

[Errata Erratum](#)

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