

Descripción climática de localidades de gorrión de worthen (*Spizella wortheni*) con bases de datos libres

Climatic description of localities of worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) with free databases

Dino Ulises González-Uribe^{1*}, Feliciano Heredia-Pineda², Irasema del Rosario Malacara-Herrera¹, Héctor Darío González-López¹

¹Departamento de Estadística y Cálculo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, CP. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

²Mar y Sierra Salvaje AC. Rienda 273, Fraccionamiento Hacienda El Cortijo, CP. 25093. Saltillo, Coahuila, México.

³Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, CP. 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: digon_mx@yahoo.com

Nota científica

Recibido: 11 de febrero de 2024

Aceptado: 11 de junio de 2024

RESUMEN. Utilizando las bases de datos libres (BDL) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Bioclim (BIO), se describió el clima de *Spizella wortheni* en su distribución histórica (DH) en 15 localidades. Se obtuvo el índice de humedad (IH) y aridez (IA) y se comparó con la distribución actual (DA) en 9 localidades. Las variables mensuales fueron temperatura mínima (TMI °C), temperatura promedio (TPR °C), temperatura máxima (TMA °C) y precipitación (PRE) (mm). Se encontró que *S. wortheni* anida en lugares de baja humedad (IH = 21.56 ± 4.54) y alta aridez (IA = 4.84 ± 1.15%). El clima de las localidades de la DH extrema al noroeste y sureste exhibieron condiciones más húmedas (IH = 48.07 ± 6.92), menos áridas (IA = 2.11 ± 0.28%) y frías (10.43 ± 1.97 °C). Las BDL utilizadas no tuvieron diferencias significativas ($P > 0.01$) para las variables estudiadas.

Palabras clave: Bioclim, distribución geográfica, índice de aridez, índice de humedad, Servicio Meteorológico Nacional.

ABSTRACT. Using free databases (FDB), National Meteorological Service (NMS) and Bioclim (BIO), the climate of *Spizella wortheni* was described in its historical distribution (HD) in 15 localities. The humidity index (HI) and aridity index (AI) was obtained and compared with the current distribution (CD) in 9 localities. The monthly variables were minimum temperature (MIT °C), average temperature (AVT °C), maximum temperature (MAT °C) and precipitation (PRE) (mm). *S. wortheni* was found to nest in places of low humidity (HI = 21.56 ± 4.54) and high aridity (AI = 4.84 ± 1.15%). The climate of the extreme HD localities to the northwest and southeast exhibited more humid (HI = 48.07 ± 6.92), less arid (AI = 2.11 ± 0.28%) and colder conditions (10.43 ± 1.97 °C). The FDB used didn't have significant differences ($P > 0.01$) for the variables studied.

Key words: Bioclim, geographic distribution, aridity index, humidity index, Service National Meteorologic.

INTRODUCCIÓN

Las principales razones que causan la disminución de las poblaciones de aves de pastizal (PAP) son la pérdida y degradación del hábitat por actividades humanas de agricultura y pastoreo, a lo cual se suma el cambio de clima (Srinivasan y Wilcove 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022, Sierra-Franco *et al.* 2022). Factores y procesos que afectan la selección del hábitat en PAP dependen de fenómenos climáticos, directamente relacionados con el uso y tipo de hábitat, recursos alimenticios y sobrevivencia (Roberts *et al.* 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022, Sierra-Franco *et al.* 2022). Los efectos de los factores mencionados han provocado que este grupo de aves tengan una disminución de más del 50% de sus poblaciones (Srinivasan y Wilcove 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022). En el caso de aves granívoras de pastizal dependen durante la época no reproductiva de las semillas presentes en el suelo, la cual se incrementa con la precipitación pluvial, temperatura y cobertura de plantas (Hostetler *et al.* 2015, Titulaer *et al.* 2017, Roberts *et al.* 2021, Sierra-Franco *et al.* 2022). La importancia del cambio de clima en estas aves se debe a que en época reproductiva tiene respuestas variadas a la sequía (Cohen *et al.* 2020, Roberts *et al.* 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022). Por ejemplo, las características de la vegetación, cobertura de suelo, patrones climáticos y su relación con el tamaño poblacional, afectan la disponibilidad de los bancos de semillas, produciendo una reducción constante de sus poblaciones (Sauer *et al.* 2017, Roberts *et al.* 2021). Estudios en PAP en el Desierto Chihuahuense como gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*) y gorrión chapulín (*Ammodramus savannarum*) demostraron que sus poblaciones decrecen a una tasa anual de -2.0 y -2.5%, respectivamente, con tasas de sobrevivencia invernal bajas (Macías-Duarte *et al.* 2017, Sauer *et al.* 2017).

Para estudiar el clima y sus efectos en PAP se requiere información cuantitativa, la cual está disponible en Bases de Datos Libres (BDL) como la del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Bioclim (BIO) (Hijmans *et al.* 2005, Colorado 2010). Las variables mensuales disponibles son: temperatura mínima (TMI °C), temperatura promedio (TPR °C) temperatura máxima (TMA °C), precipitación (PRE mm) y elevación (m) del período 1950 al 2020 (Hijmans *et al.* 2005, Colorado 2010). La TPR (°C) mensual a su vez puede promediarse para representar un año o un período de tiempo específico, de esta forma puede obtenerse la temperatura promedio del período (TPP °C). La PRE (mm) mensual puede sumarse para representar un año o un período de tiempo específico, así puede obtenerse la precipitación anual o de un período (PRP mm) (García 1988, González 2012). Las variables TPP (°C) y PRP (mm) pueden relacionarse aritméticamente para estimar el índice de humedad (IH) y aridez (IA) los cuáles pueden mostrar variaciones por posibles

diferencias climáticas en la distribución geográfica de PAP (García 1988, Beck *et al.* 2006, CONABIO 2008, González 2012).

En el noreste de México se ubican hábitats fragmentados donde se ha observado la presencia del gorrión de worthen (*Spizella wortheni*), su distribución geográfica no se ha actualizado en 109 años (Wege *et al.* 1993). El ave es de importancia biológica y ecológica, su estatus de riesgo a nivel nacional e internacional es en peligro (SEMARNAT 2010, BirdLife International 2024). Los estudios en *S. wortheni* se han abocado a reportar fenómenos como la anidación (Garza de León *et al.* 2007, Canales-del Castillo *et al.* 2010), comportamiento en la época reproductiva y no reproductiva y densidad (Canales-Delgadillo *et al.* 2007). Se ha investigado la vegetación de los sitios donde se le ha observado, así como sus hábitos de forrajeo (Scott-Morales *et al.* 2008, Canales-Delgadillo *et al.* 2010, Heredia-Pineda *et al.* 2017). Así como en la prevalencia de sus parásitos intestinales (Canales-del Castillo *et al.* 2018), entre otros.

A pesar de lo anterior, no ha habido estudios que focalicen en el tema climático de la especie y mucho menos que lo comparen con su distribución actual (DA) (Wege *et al.* 1993, Loarie *et al.* 2009, Dawson *et al.* 2011). El ave ha sido observada los últimos 30 años en algunas localidades que se restringen a los estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Canales-del Castillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo 2010, Canales-Delgadillo 2012). Por ello, se sabe que su distribución histórica (DH) ha disminuido, experimentado una contracción (Wege *et al.* 1993). De esta forma, el generar información que pueda ser útil para evaluar las condiciones climáticas en *S. wortheni* desde un punto de vista de cambios en la DH y DA, podría ser utilizada para explicar su contracción geográfica (Beck *et al.* 2006, CONABIO 2008, Dawson *et al.* 2011). La disponibilidad de información de clima en bases de datos libres en períodos de tiempo de aproximadamente 50 años (Hijmans *et al.* 2005, Colorado 2010) y el estatus de conservación de *S. wortheni* motivaron a realizar la presente investigación. El objetivo del estudio fue hacer un análisis estadístico descriptivo utilizando bases de datos libres de clima para buscar una explicación de la contracción de la distribución histórica de *S. wortheni*. Así como, su prevalencia en la distribución actual en los últimos 30 años utilizando índices de humedad y aridez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación consideró la distribución histórica (registros 1-15) de *S. wortheni*, que incluyó nueve estados de México y uno de Estados Unidos en los últimos 109 años (Figura 1) (Wege *et al.* 1993). La superficie se encuentra en el desierto Chihuahuense, la vegetación es el matorral xerófilo y microfilo con amplias distancias entre un registro y otro. El clima predominante en el área de estudio es de dos tipos, seco árido (BS) con TPP

entre 11 y 22 ° C y PRP de 436.7 mm. Los segundos son cálidos templados (Cf y Cw), con TPP entre 9 y 16.5 ° C y PRP de 518 mm (Figura 2) (Hijmans *et al.* 2005, Colorado 2010).

Para la investigación se cuenta con coordenadas geográficas del ave (anidación, observación de machos y hembras, grupos de aves forrajeando e individuos solos). Estos representaron los registros geográficos y de presencia de la especie en el rango geográfico estudiado. Según la fuente de información los datos fueron tomados en el período de 1884 a 1993 (Wege *et al.* 1993, CONABIO 2008).

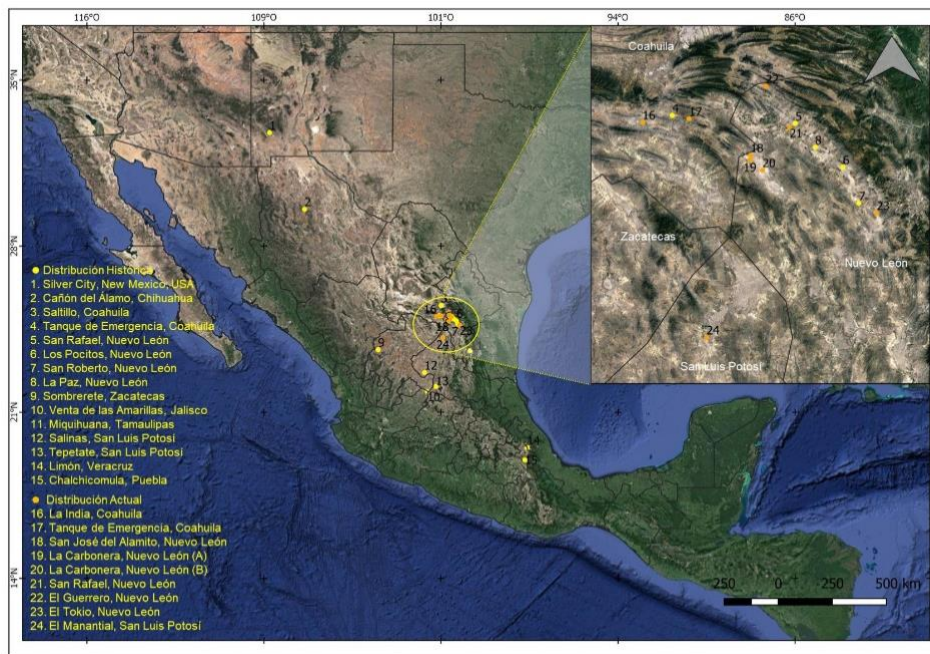


Figura 1. Área de estudio. Distribución histórica y actual de *Spizella wortheni*.

Base de datos geográfica de *Spizella wortheni*

Las localidades estudiadas de la distribución histórica fueron representadas por 15 registros de coordenadas (Figura 1), se proyectaron en software de GPS (Global Positioning System) Mapsource® con el Datum WGS84 (World Geodesic System 1984). Posteriormente, se visualizaron en Qgis® con la extensión SHP y en Google Earth Pro® como KML (Keyhole Markup Language). Para comparar la distribución histórica, se ubicaron 9 ocurrencias (Figura 1, registros 16-24) todos con eventos de anidación y que representaron la distribución actual (Garza de León *et al.* 2007, Scott-Morales *et al.* 2008, Canales-del Castillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo *et al.* 2012). La base de datos geográfica total fue de 24 registros; en Excel® se verificó la no duplicidad de coordenadas.

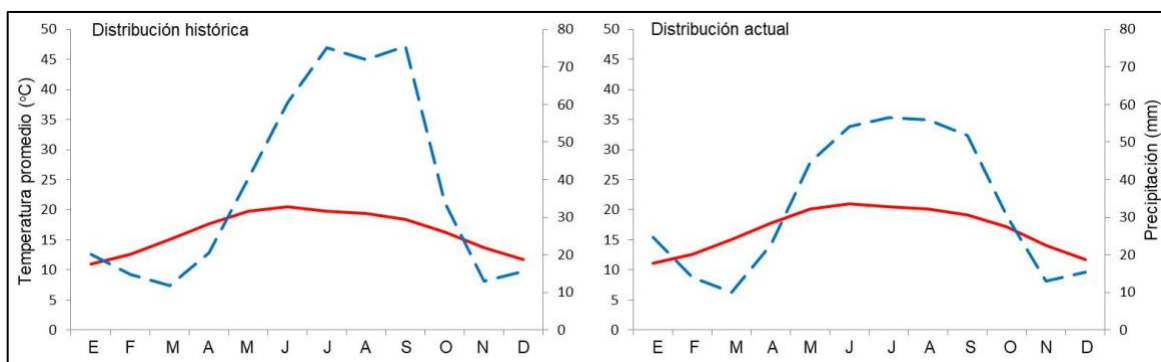


Figura 2. Representación del clima del área de estudio. En rojo temperatura promedio (TPP °C), en azul precipitación (PRP mm).

Fuente de información y variables climáticas a estudiar

Para las 24 localidades, se obtuvo de la Base de Datos Libres del SMN a través de sus estaciones climatológicas (Colorado 2010), las variables mensuales TMI (° C), TPR (° C), TMA (° C) PRE (mm) y elevación (m). El período de los datos fue de 1950 al 2010 de las normales climatológicas, se consideraron las estaciones más cercanas a las localidades de la distribución histórica y distribución actual de *S. wortheni*. Con la TPR (° C) mensual se obtuvo la temperatura promedio del período (TPP ° C). Para la PRE (mm) mensual se obtuvo la suma de precipitación del período (PRP mm) (García 1988, González 2012). Se tomó la temperatura máxima y mínima de la TPP y por diferencia se calculó la oscilación del período (OSC ° C). Utilizando las mismas ubicaciones de las estaciones meteorológicas del SMN, se consultaron las variables climáticas de BIO (WorldClim Ver. 1.04). Los períodos de datos climáticos de las bases de datos libres fueron distintos, así como los formatos de archivos. Para el SMN, HTML (HyperText Markup Language) y TXT (Archivo de Formato Texto). Para BIO, capas de información BIL (Banda Intercalada por Línea) que deben ser visualizadas en software de SIG (Sistemas de Información Geográfica) como Qgis®.

También, se obtuvo el clima de cada localidad a través de la clasificación climática de Köppen actualizada por los cambios espacio temporales de la segunda mitad del siglo XX a nivel de escala continental (Beck *et al.* 2006, CONABIO 2008).

Para calcular el IH de Lang y el IA de Dantin y Revenga (%) (García 1988, González 2012) para las localidades de las dos bases de datos libres, se utilizó:

$$IH = \frac{PRP}{TPP} \qquad IA = \left(\frac{TPP}{PRP} \right) * 100$$

Dónde: IH = índice de humedad, IA = índice de aridez, PRP = precipitación del período (mm), TPP = temperatura promedio del período (°C).

Análisis estadístico de las variables climáticas de la distribución geográfica de *Spizella wortheni*

Para el manejo estadístico de la información se utilizó Excel®. Se elaboró una matriz de los promedios de las variables del período de los datos de cada una de las Bases de Datos Libres. Es decir, se tomaron la TMI (° C), TPR (° C), TMA (° C), OSC (° C), PRE (mm), IH e IA (%) para cada localidad. Se estimó la asociación entre todos los pares formados por las variables a través del coeficiente de concordancia τ de Kendall (Conover 1999). Con la mayor significación estadística entre pares de variables ($P < 0.05$) se clasificó la información en $k = \text{grupos}$ ($k = \sqrt{n}$, Donde: $n = \text{registros geográficos}$) con la variable de mayor correlación (Hammer y Harper 2006). Posteriormente, se realizó una descripción estadística de las variables con intervalos, $\bar{x} \pm s$ (donde: \bar{x} = media muestral y s = desviación muestral) (Hammer y Harper 2006). Con la prueba t Student ($P < 0.01$) se buscó significación estadística en las variables anteriores entre las bases de datos libres (Hammer y Harper 2006). Con un análisis multivariado discriminante (MANOVA) y la prueba de Wilk's ($P < 0.01$) se estimaron posibles diferencias entre los k grupos por la variable de mayor correlación (Hammer y Harper 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables climáticas obtenidas para localidades de *Spizella wortheni*

Los valores promedio de: los intervalos $\bar{x} \pm s$, valor mínimo y máximo para las variables del estudio, se estimaron para la distribución histórica y la distribución actual en ambas Bases de Datos Libres (Tabla 1). Los valores estimados de IH e IA (%) y clima para la distribución de las localidades de *S. wortheni* en ambas bases de datos libres se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Estimadores estadísticos para las variables climáticas de *S. wortheni*.

	TMI (° C)	TPP (° C)	TMA (° C)	OSC (° C)	PRP (mm)	Elevación (m)
DH ¹	10.99±1.64	16.30±1.39	20.62±2.63	9.63±3.394	453.01±158.3	2 119.27±279.62
Mínimo	7.8	12.97	15.4	5.30	245.6	1 812
Máximo	13.5	18.27	25.1	17.10	781.0	2 670
DH ²	10.69±3.04	15.84±1.96	20.47±2.31	9.83±3.914	436.20±91.79	2 114.87±255.82
Mínimo	3.1	11.99	15.6	4.50	308.0	1 440
Máximo	12.8	18.33	24.3	19.30	610.0	2 561
DA ¹	11.06±0.79	16.70±0.88	21.01±1.11	9.96±0.965	393.32±42.7	1 915.67±143.72
Mínimo	9.5	15.5	19.80	8.30	343.0	1 703
Máximo	11.7	18.0	22.50	10.80	466.8	1 920
DA ²	11.70±0.82	17.75±0.85	22.60±1.58	10.90±1.788	402.67±44.1	1 890.78±97.00
Mínimo	10.4	16.3	20.50	7.70	325.0	1 711
Máximo	12.8	19.4	25.80	14.30	459.0	2 213

TMI = temperatura mínima (° C), TPP = temperatura promedio del período (° C), TMA = temperatura máxima (° C), OSC = oscilación del período (° C), PRP = precipitación del período (mm), elevación (m), DH = Distribución Histórica, DA = Distribución Actual. ¹SMN, ²BIO.

El SMN proporcionó a través de sus normales climatológicas información en 15 localidades de la distribución histórica de *S. wortheni*, permitiendo describir en forma global el clima para esa distribución; de la misma forma se hizo para Bioclim (Wege *et al.* 1993, Beck *et al.* 2006, CONABIO 2008, Akasbi *et al.* 2012). La información climática para la segunda base de datos libre provino de datos interpolados a una resolución aproximada de 1 km², esta ha sido utilizada ampliamente en distintos trabajos de investigación, como distribución de especies y nichos ecológicos (Hijmans *et al.* 2005). No hubo diferencias significativas ($P > 0.01$) entre bases de datos libres (Tabla 2). Ambas proporcionaron la información necesaria para describir el clima de las localidades más extremas al noroeste y sureste de la distribución histórica de *S. wortheni* (1, 2, 14 y 15). En esos lugares no se ha observado al ave en los últimos 30 años. Esta acción es similar a lo que hacen los humanos, buscan mejores condiciones de clima, evitan condiciones extremas basándose en la predicción de las variaciones de lluvias. Con ello promueven cambios en el hábitat local obteniendo beneficios (Akasbi *et al.* 2012, Ogunrayi *et al.* 2016). Acción similar se ha visto en aves de pastizal (Roberts *et al.* 2021, Srinivasan y Wilcove, 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022). En el caso de *S. wortheni*, las localidades donde se le ha observado en la distribución actual fueron donde ha encontrado mejores condiciones para reproducirse (Garza de León *et al.* 2007, Scott-Morales *et al.* 2008, Canales-del Castillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo *et al.* 2010, Canales-Delgadillo *et al.* 2012).

Tabla 2. Índices de humedad, aridez y clima para las localidades de *S. wortheni* para distribución histórica y actual.

Localidad	Distribución	IH ¹	IA (%) ¹	IH ²	IA (%) ²	P < 0.01	Clima
1. Silver City, New Mexico, USA	DH	22.94	4.36	34.45	2.90	NS	Cfa
2. Cañón del Álamo, Chih.	DH	17.94	5.57	43.11	2.32	NS	BSk
3. Saltillo, Coah.	DH	13.45	7.44	16.64	6.01	NS	BSh
4. Tanque de Emergencia, Coah.	DH	27.05	3.70	23.57	4.24	NS	BSk
5. San Rafael, NL	DH	26.79	3.73	25.05	3.99	NS	BSk
6. Los Pocitos, NL	DH	21.04	4.75	21.64	4.62	NS	BSk
7. San Roberto, NL	DH	22.21	4.50	20.64	4.84	NS	BSk
8. La Paz, NL	DH	43.36	2.31	23.16	4.32	NS	BSk
9. Sombrerete, Zac.	DH	33.51	2.98	38.92	2.57	NS	BSk
10. Venta de las Amarillas, Jal.	DH	44.84	2.23	31.93	3.13	NS	BSk
11. Miquihuana, Tams.	DH	21.71	4.61	27.00	3.70	NS	Cfb
12. Salinas, SLP	DH	20.12	4.97	20.33	4.92	NS	BSk
13. Tepetate, SLP	DH	24.60	4.07	25.08	3.99	NS	BSk
14. Limón, Ver.	DH	30.07	3.33	26.52	3.77	NS	Cfb
15. Chalchicomula, Pue.	DH	56.02	1.79	44.72	2.24	NS	Cwb
16. La India, NL	DA	24.92	4.01	23.70	4.22	NS	BSh
17. Tanque de Emergencia, Coah.	DA	27.05	3.70	26.08	3.83	NS	BSk
18. San José del Alamito, NL	DA	23.99	4.17	22.25	4.49	NS	BSh
19. La Carbonera A, NL	DA	19.29	5.18	19.94	5.02	NS	BSh
20. La Carbonera B, NL	DA	22.21	4.50	21.59	4.63	NS	BSh
21. San Rafael, NL	DA	26.79	3.73	24.23	4.13	NS	BSk
22. El Guerrero, NL	DA	25.96	3.85	27.27	3.67	NS	BSk
23. El Tokio, NL	DA	23.12	4.32	21.95	4.56	NS	BSk
24. El Manantial, SLP	DA	19.40	5.16	17.82	5.61	NS	BSh

DH = Distribución Histórica, DA = Distribución Actual, IH = índice de humedad e IA = índice de aridez (%). ¹SMN, ²BIO, NS = No significativo.

Análisis de las variables climáticas de la distribución geográfica de *Spizella wortheni*

El IH de Lang y IA de Dantin y Revenga (%), aportaron información cuantitativa global y adicional para las localidades estudiadas. El valor más alto de la asociación de Kendall entre pares de variables (Tabla 3) fue para PRP con IH ($\tau = 0.866$, $P < 0.05$) y PRP con IA ($\tau = -0.866$, $P < 0.05$). Al estimar $k = 3$ grupos de PRP, pudo estimarse la TPP ($^{\circ}\text{C}$), IH, IA (%) y elevación (m) (Tabla 4). Se obtuvieron intervalos de la forma $\bar{x} \pm s$ (donde: \bar{x} = media muestral y s = desviación muestral) para las variables anteriores. El valor de la prueba de Wilk's fue $\lambda = 0.004196$ ($P < 0.01$) con diferencias altamente significativas entre los $k = 3$ grupos de la variable PRP (mm). Lo anterior se muestra en el MANOVA (Figura 3) pueden observarse las relaciones de las localidades de la distribución histórica con registros *S. wortheni* (Hammer y Harper 2006). Al clasificar los cuatro cuadrantes del gráfico en el sentido de las manecillas del reloj (I y II, polígono rojo) hubo 9 localidades. En ellas se tuvo la menor PRP (mm) (Grupo I = 245 a 424 mm). Además, los IH fueron los más bajos (21.56 ± 4.54), los IA (%) fueron los más altos ($4.84 \pm 1.15\%$), en términos comunes fueron las localidades menos húmedas y más secas, de zonas de desierto y áridas (Beck *et al.* 2006, González 2012, Roberts *et al.* 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022, Sierra-Franco *et al.* 2022). Se encontró que una sola localidad presentó el IA (%) más bajo (14. Limón 3.33%) con la TPP (12.97°C) y TMA (15.4°C) más bajas de las nueve anteriores. En la parte central superior (cuadrantes I y IV, polígono verde), se ubicaron tres localidades con PRP (mm) intermedia (Grupo II = 425 a 604 mm). Tuvieron IH más altos que el grupo anterior (29.12 ± 3.81), con IA (%) ($3.47 \pm 0.42\%$), estas localidades fueron más húmedas que las anteriores, es decir de zonas áridas (González 2012, Srinivasan y Wilcove 2021). Los cuadrantes III y IV (polígono azul), tuvieron localidades con la mayor PRP (Grupo III = 605 a 784 mm) y en consecuencia con mayor IH (48.07 ± 6.92), exhibieron el menor IA (%) ($2.11 \pm 0.28\%$). En términos comunes fueron las localidades de zonas húmedas de estepa y sabana (Wege *et al.* 1993, Beck *et al.* 2006, González 2012, Sierra-Franco *et al.* 2022). En ellas no hubo eventos de anidación en la distribución histórica. El MANOVA y la agrupación anterior mostró que *S. wortheni* en los últimos 30 años ha elegido como distribución actual las localidades del Grupo I y II (polígonos rojo y verde) para reproducción. Esa preferencia se marcó en polígono blanco para las localidades 16-24 (Figura 3) que fueron localidades de desierto y áridas y de zonas áridas. En otras palabras, los índices utilizados representaron una descripción cuantitativa de la sensibilidad del ave al frío y la búsqueda por mejores condiciones para reproducción.

Las localidades más extremas de la distribución histórica de *S. wortheni* tuvieron los valores más altos de OSC (1. 17.00°C , 2. 17°C). Esto fue consecuencia de las TMI ($^{\circ}\text{C}$) más bajas y TMA ($^{\circ}\text{C}$) más altas. En el caso de 14. Limón fue la menos árida dentro de las áridas y en consecuencia la más húmeda, tuvo una OSC de 6.30°C . En las tres localidades extremas

no hubo registros en los últimos 30 años de *S. wortheni* (Canales-Delgadillo *et al.* 2008, Canales-del Castillo *et al.* 2010).

Tabla 3. Coeficientes de correlación (τ de Kendall) para las variables climáticas de localidades de *S. wortheni*^a para distribución histórica.

	TMI (°C)	TPP (°C)	TMA (°C)	OSC (°C)	PRP (mm)	IH	IA (%)
TMI (°C)							
TPP (°C)	0.454						
TMA (°C)	0.059	0.605					
OSC (°C)	-0.253	0.293	0.692				
PRP (mm)	0.068	-0.259	-0.304	-0.395			
IH	-0.068	-0.393	-0.405	-0.395	0.866		
IA (%)	0.068	0.393	0.405	0.395	-0.866	-0.999	

TMI = temperatura mínima (°C), TPP = temperatura promedio del período (°C), TMA = temperatura máxima (°C), OSC = oscilación del período (°C), PRP = precipitación del período (mm), IH = índice de humedad, IA = índice de aridez (%), ^aEn negrita coeficientes de correlación significativos ($P < 0.05$).

Tabla 4. Estimadores estadísticos para las variables climáticas por grupos en localidades de *S. wortheni*.

Grupo	PRP (mm)	TPP (°C)	IH	IA (%)	Elevación (m)
I	245 a 424	16.58±1.51	21.56±4.54	4.84±1.15	2 073.11±268.49
II	425 a 604	16.59±0.62	29.12±3.81	3.47±0.42	2 118.33±256.39
III	605 a 784	15.19±1.34	48.07±6.92	2.11±0.28	2 255.00±398.22

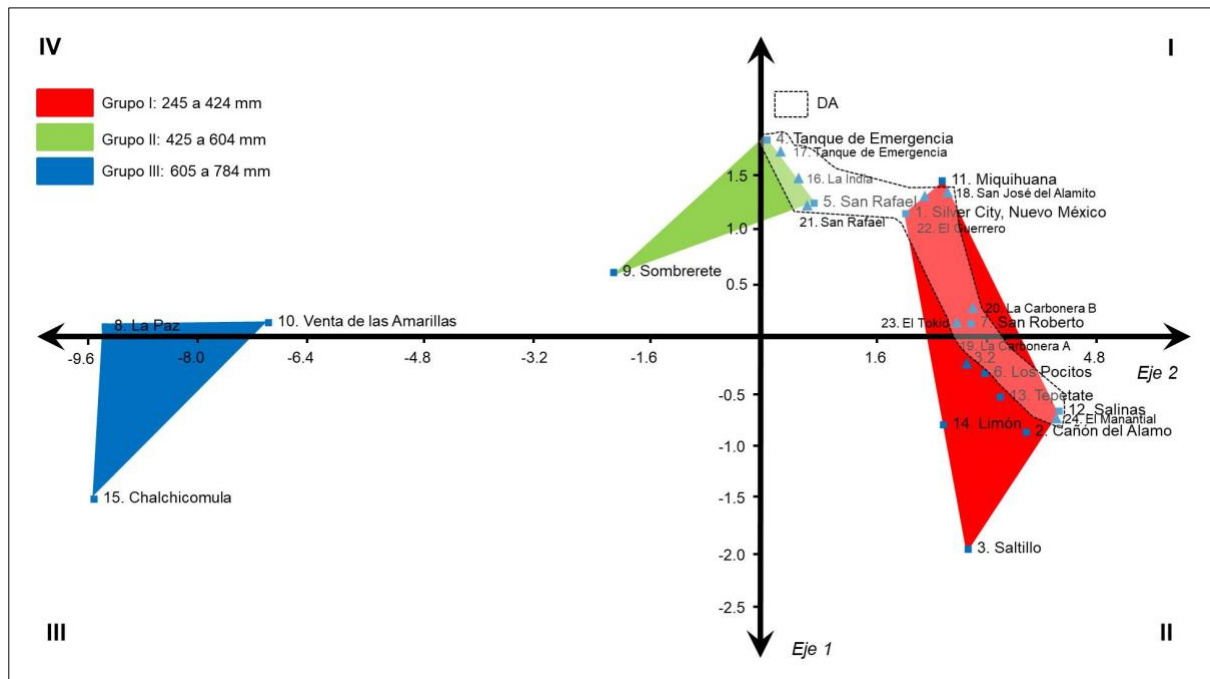


Figura 3. MANOVA de la distribución histórica de *S. wortheni*. Donde: DA = Distribución Actual.

Sabiendo que la distribución actual de *S. wortheni* se restringe a los estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, los reportes son específicos hacia reproducción (Garza de León *et al.* 2007, Canales-Delgadillo *et al.* 2007, Canales-del Castillo *et al.* 2010, Heredia-

Pineda *et al.* 2017). Por ello, la importancia de la descripción climática de las localidades aquí reportadas, las cuáles mostraron que *S. wortheni* ha preferido en los últimos 30 años localidades de zona de desierto y zonas áridas (González 2012, Roberts *et al.* 2021, Martínez-Guerrero *et al.* 2022). Dichas condiciones han sido proporcionadas al centro superior en los cuadrantes I y IV, en localidades lo suficientemente cálidas en los meses fríos de la distribución actual. Es posible que *S. wortheni* se distribuya más ampliamente en otros hábitats del país y en forma lógica un ave puede llegar a otros lugares con características similares a las descritas en este estudio. Se encontró que varias localidades de la distribución histórica y actual fueron ecotonos vecinos a colonias activas de *C. mexicanus*, lo que quizás sea una relación ecológica entre el ave y el mamífero (Estrada-Castillón *et al.* 2010, González-Uribe *et al.* 2024).

La descripción de clima en las localidades de la DA comparativamente con la DH mostraron que el cambio de clima ha sido uno de los motivos por los que *S. wortheni* ya no se observe en algunos de ellos. Los valores de TPP (° C) y PRP (mm) de las áreas de anidación son útiles para obtener el IH e IA (%) los cuáles mostraron que el ave prefirió ecotonos vecinos a colonias activas de *C. mexicanus*. Esta relación ecológica es de importancia para ambas especies a través del clima de esos lugares, en el rango de distribución de *S. wortheni*. La dinámica de las variables estudiadas a través del tiempo mostró que las variaciones en el pasado (30 años) cambiaron de tal forma que el ave ha buscado las condiciones para reproducción en el presente en la distribución actual. La contracción del rango geográfico del ave ha respondido al cambio de clima en el período de estudio, se puso en evidencia la posibilidad que siga buscando condiciones adecuadas en otros hábitats. Las Bases de Datos Libres del Servicio Meteorológico Nacional y Bioclim pueden ser utilizadas en forma equivalente para la descripción del clima de las localidades del área de estudio obteniendo resultados estadísticamente similares.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Akasbi Z, Oldeland J, Dengler J, Finckh M (2012) Social and Ecological Constraints on Decision Making by Transhumant Pastoralists: A Case Study from the Moroccan Atlas Mountains. *Journal of Mountain Science* 9: 307–321. <https://doi.org/10.1007/s11629-009-2320-8>.
- Beck C, Grieser J, Rubel F (2006) Characterizing Global Climate Change by means of Köppen Climate Classification. *Klimastatusbericht 2005*: 139-149.

- BirdLife International (2024) Species factsheet: *Spizella wortheni*. Downloaded from <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/worthens-sparrow-spizella-wortheni>
Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.
- Canales-Delgadillo JC, Scott-Morales L, Cotera M, Pando M (2007) Observaciones sobre los sucesos de temporada reproductiva de *Spizella wortheni*. *Ciencia UANL* 10: 160-167.
- Canales-Delgadillo JC, Scott-Morales L, Cotera M, Pando M (2008) Observations on flocking behavior of Worthen's Sparrows (*Spizella wortheni*) and occurrence in mixed-species flocks. *The Wilson Journal of Ornithology* 120(3): 569-574. <https://doi.org/10.1676/07-053.1>.
- Canales-Delgadillo JC, Scott-Morales L, Niehuis O, Korb J (2010) Isolation and characterization of nine microsatellite loci in the endangered Worthen's Sparrow (*Spizella wortheni*). *Conservation Genetics Resources* 2: 151-153. <https://doi.org/10.1007/s12686-010-9203-8>.
- Canales-del Castillo R., González-Rojas JI, Ruvalcaba-Ortega I, García-Ramírez A (2010) New breeding localities of Worthen's Sparrows in northeastern Mexico. *Journal Field Ornithology* 81: 5-12. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2009.00254.x>.
- Canales-Delgadillo JC, Scott-Morales L, Korb J (2012) The influence of habitat fragmentation on genetic diversity of a rare bird species that commonly faces environmental fluctuations. *Journal of Avian Biology* 43: 168-176. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2011.05372.x>.
- Canales-del Castillo R, Pérez-Rangel C, Ruvalcaba-Ortega I, González-Rojas JI, Guzmán-Velasco A (2018) Prevalencia parasitaria en el gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*): especie endémica de México y en peligro de extinción. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 19: 79-84. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.1.309>.
- Cohen JM, Fink D, Zuckerberg B (2020) Avian responses to extreme weather across functional traits and temporal scales. *Global Change Biology* 26(8):1-11. <https://doi.org/10.1111/gcb.15133>.
- Colorado RL (2010) Manual de usuario. Estaciones climatológicas en Google Earth. Comisión Nacional del Agua. México. 17p.
- CONABIO (2008) Climas. Escala 1:1000000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1mgw. Fecha de consulta: 8 de febrero de 2024.
- Conover WJ (1999) *Practical Nonparametric Statistics*. New York: John Wiley. 584p.
- Dawson TP, Jackson ST, House JI, Prentice IC, Mace GM (2011) Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science* 332: 53-58. <https://doi.org/10.1126/science.1200303>.
- Estrada-Castillón E, Scott-Morales L, Villarreal-Quintanilla JA, Jurado-Ybarra E, Cotera M, Cantú-Ayala C, García-Pérez J (2010) Clasificación de los pastizales halófilos del

- noreste de México asociados con perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:401-416. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2010.002.231>.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. edición. Talleres de Offset Larios. Ciudad de México. México. 217p.
- Garza de León A, Morán I, Cancino de la Fuente F, Tinajero Hernández R, López de Aquino S (2007) Parámetros reproductivos y nueva localidad de anidación para el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el estado de Coahuila, México. *Ornitología Neotropical* 18: 243–249.
- González MF (2012) Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México. México. 173p.
- González-Uribe DU, García-Aranda MA, Heredia-Pineda F, Uvalle-Sauceda JI (2024) Distribución geográfica de *Cynomys mexicanus*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(1): e3766. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3766>.
- Hammer Ø, Harper DA (2006) Paleontological data analysis. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts, USA. 351p.
- Heredia-Pineda F, Lozano-Cavazos E, Romero-Figueroa G, Alanís-Rodríguez E, Tarango-Arángula L, Ugalde-Lezama S (2017) Relaciones interespecíficas de forrajeo de gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) durante la época no reproductiva en Coahuila, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 16:23-36. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2017.11.009>.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>.
- Hostetler J, Scott T, Marra P (2015) Full-annual-cycle population models for migratory birds. *The Auk Ornithological advances* 132:433- 449. <https://doi.org/10.1642/AUK-14-211.1>.
- Loarie SR, Duffy PB, Hamilton H, Asner GP, Field CB, Ackerly DD (2009) The velocity of climate change. *Nature* 462:1052-1057. <https://doi.org/10.1038/nature08649>.
- Macías-Duarte A, Panjabi A, Strasser E, Levan-doski G, Ruvalcaba-Ortega I, Doherty P, Ortega-Rosas C (2017) Winter survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland condition in the Chihuahuan Desert. *Journal of Field Ornithology* 88:374-386. <https://doi.org/10.1111/jofo.12226>.
- Martínez-Guerrero, JH, Pereda-Solís, ME, Sierra-Franco, D, Salazar-Borunda, MA, Tarango-Arambula, LA, Strasser, EH, A, Panjabi (2022) Análisis comparativo entre inviernos consecutivos en la selección del habitat de gorriones de pastizal: precipitación pluvial y banco de semillas. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 23(2): e-640. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2022.23.2.580>.

- Ogunrayi OA, Folorunso M, Akinseye FM, Goldberg V, Bernhofer C (2016) Descriptive analysis of rainfall and temperature trends over Akure, Nigeria. *Journal of Geography and Regional Planning* 9:195-202. <https://doi.org/10.5897/JGRP2016.0583>.
- Roberts, SG, Thoma DP, Perkins, DW, Tymkiw EL, Ladin ZS, Shriver WG (2021) A habitat-based approach to determining the effects of drought on aridland bird communities. *The Auk* 138(3): ukab028. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukab028>.
- Sauer JR, Niven DK, Hines JE, Ziolkowski DJ, Pardieck KL, Fallon JE, Link WA (2017) *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2015. Version 2.07.2017* USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. USA.
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría Del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Nación (Segunda sección). Ciudad de México, México. 78p. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de consulta: 22 de enero de 2024.
- Scott-Morales L, Necedal J, Cotera M, Canales-Delgadillo JC (2008) Worthen's Sparrow (*Spizella wortheni*) in the Northern Mexican Plateau. *The Southwestern Naturalist* 53:91-95. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2008\)53\[91:WSSWIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2008)53[91:WSSWIT]2.0.CO;2).
- Sierra-Franco D, Pereda-Solís ME, Salazar-Borunda MA, Strasser HE, Tarango-Arámbula LA, Martínez-Guerrero JH (2022) Effect of annual rainfall and temperature on the selection of habitat and overwintering home range of grassland birds. *Agro Productividad* 15(10):85-96. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i10.2239>.
- Srinivasan U, Wilcove DS (2021) Interactive impacts of climate change and land-use change on the demography of montane birds. *Ecology* 102(1): e03223. <https://doi.org/10.1002/ecy.3223>
- Titulaer M, Melgoza-Castillo A, Panjabi A, Sánchez-Flores A, Martínez-Guerrero JH, Macias-Duarte A, Fernández JA (2017) Molecular analysis of stomach contents reveals important grass seeds in the winter diet of baird's and grasshopper sparrows, two declining grassland bird species. *PLoS ONE* 12(12): 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189695>.
- Wege DC, Howell SNG, Sada AM (1993) The distribution and status of Worthen's Sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conservation International* 3:211-220. <https://doi.org/10.1017/S0959270900000903>.