

Energy potential of grass seeds at sites used by grassland sparrows in Northwest Mexico.

Potencial energético de semillas de pastos en sitios usados por gorriones de pastizal en el Noroeste de México

Luz M. Salazar-Sánchez¹; José H. Martínez-Guerrero^{2*}; Maribel Guerrero-Cervantes²; Martín E. Pereda-Solís²; Hugo Bernal-Barragán³; Mieke Titulaer⁴

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Boulevard Durango s/n, Durango, Dgo., C. P. 34000, México.

²Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Durango-Mezquital km 11.5, Durango, Durango, C. P. 34000, México.

³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco Villa s/n, colonia Ex-Hacienda El Canadá, Escobedo, N. L., México.

⁴Sul Ross State University, Borderlands Research Institute, Alpine, TX, USA.

*Corresponding author: che_hugo1@hotmail.com Tel. 618 158 67 10

Abstract

The objectives of this work were i) to determine the density of seeds in the soil of *Bouteloa gracilis* and *Panicum obtusum* that are consumed by focal grassland birds collected in Cuchillas de la Zarca, Durango and Janos, Chihuahua, ii) To estimate their energy content, and iii) To quantify their energy potential. Seed samples were considered to achieve these objectives. Variables were analyzed using the Kruskal-Wallis test. The caloric content of seeds collected in Cuchillas de la Zarca, Durango (3 650.3 Kcal·kg DM⁻¹) was significantly higher than those collected in Janos, Chihuahua (3 520.8 Kcal·kg DM⁻¹). Individuals of *Ammodramus savannarum* species prefer to visit sites with higher seed density and energy potential than those of *Centronyx bairdii* species. Variables not included in the present study, such as rainfall and vegetation structure, should be considered in future studies.

Keywords: Grasslands, native grasses, Baird's sparrow, grasshopper sparrow.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivos i). Determinar la densidad de semillas en el suelo de *Bouteloa gracilis* y *Panicum obtusum* que son consumidas por aves focales de pastizal colectadas en Cuchillas de la Zarca, Durango y Janos, Chihuahua, ii). Estimar su contenido energético, y iii). Cuantificar su potencial energético. Muestras de semillas fueron consideradas para lograr esos objetivos. Las variables se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis. El contenido calórico de semillas colectadas en Cuchillas de la Zarca, Durango (3 650.3 Kcal·kg MS⁻¹) fue significativamente mayor que el de las colectadas en Janos, Chihuahua (3 520.8 Kcal·kg MS⁻¹). Los individuos de la especie *Ammodramus savannarum* prefieren visitar sitios con mayor densidad de semilla y potencial energético que los de la especie *Centronyx bairdii*. Variables no incluidas en el presente estudio, como la precipitación pluvial y la estructura de la vegetación, deben ser consideradas en estudios futuros.

Palabras clave: Pastizales, pastos nativos, gorrión de Baird, gorrión chapulín.



Introduction

In the world, grasslands are the most threatened ecosystems. Land use change and desertification are their greatest threats and protecting them would mean conserving the biodiversity present in them (Pool, Panjabi, Macias & Solhjem, 2014). In North America, grasslands extend from southern Canada to northern Mexico.

Historically, human activities have caused the loss and degradation of native grasslands, contributing to desertification and shrub encroachment (Murphy, 2003; Samson, Knopf & Ostlie, 2004). The current extent of grasslands in the North American plains represents 30% of what they once were (Samson, et al., 2004). In Mexico, this ecosystem is represented in the Chihuahuan Desert. This is a discontinuous mosaic of naturally intermingled and fragmented scrub and grassland (Schmutz et al., 1991). The Chihuahuan Desert is the largest in North America with an area of 70 million hectares (Cotera et al., 2004) and one of the driest and most species-rich regions in the world. Its climate and topography determine the plant association found in it (Sutton, 2000; Hoyt, 2002). This region is important for the conservation of grassland birds (Pool, Macias-Duarte, Panjabi, Levandoski, & Youngber, 2012). The Mexican part of the Chihuahuan Desert is considered one of the most important areas for bird biodiversity nationally and internationally (Manzano, List, Ceballos & Cartron, 2006). 88% of the obligate grassland species that breed in North America, almost all (90%) of them spend the winter in that eco-region (Pool, D., B., et al., 2014).

This group of birds is one of the most threatened. Its population is steadily declining, with more than 74% of the species showing a negative population trend. Among them are focal bird species such as Baird's sparrow (*Centronyx bairdii*) and the grasshopper sparrow (*Ammodramus savannarum*), whose population decline at annual rate was 2.1 and 2.5%, according to data documented during the periods 1966 to 2015 and 1993 to 2015, respectively (Sauer et al., 2017).

Baird's and grasshopper sparrows, like other migratory bird species, have a winter diet based largely on native plant seeds (Block & Morrison, 2010). Those are species that depend on the condition of the structure and productivity of natural grasslands for their protection and feeding; therefore, changes that cause fragmentation and loss of habitat make them vulnerable elements of that ecosystem (Macías & Panjabi, 2013); this can lead to the decline of populations of those bird species (Macías-Duarte et al., 2017).

Currently, in North America, the Commission for Environmental Cooperation (CEC, 2005) recognizes 55

Introducción

En el mundo, los pastizales son los ecosistemas más amenazados. El cambio de uso de suelo y la desertificación son sus mayores amenazas y protegerlos significaría conservar la biodiversidad presente en ellos (Pool, Panjabi, Macias & Solhjem, 2014). En Norteamérica, los pastizales se extienden desde el sur de Canadá hasta el norte de México.

Históricamente, las actividades humanas han provocado la pérdida y degradación de los pastizales nativos, contribuyendo a la desertificación e invasión de arbustivas (Murphy, 2003; Samson, Knopf & Ostlie, 2004). La extensión actual de pastizales en las planicies de Norteamérica representa un 30% del total de lo que alguna vez fueron (Samson, et al., 2004). En México, la representación de este ecosistema se encuentra en el Desierto Chihuahuense. Este es un mosaico discontinuo de matorral y pastizal naturalmente entremezclado y fragmentado (Schmutz et al., 1991). El Desierto Chihuahuense es el más extenso en Norteamérica con una superficie de 70 millones de hectáreas (Cotera et al., 2004) y una de las regiones más secas y con mayor riqueza de especies en el mundo. Su clima y topografía determinan la asociación vegetal que se encuentra en él (Sutton, 2000; Hoyt, 2002). Esta región es importante para la conservación de aves de pastizal (Pool, Macias-Duarte, Panjabi, Levandoski, & Youngberg, 2012). La parte mexicana del Desierto Chihuahuense se considera como una de las áreas más importantes por la biodiversidad de aves a nivel nacional e internacional (Manzano, List, Ceballos & Cartron, 2006). Del 88% de las especies obligadas de pastizales que se reproducen en Norteamérica, casi la totalidad (90%) de ellas pasan el invierno en esa eco-región (Pool, D., B., et al., 2014).

Este grupo de aves es de los más amenazados. Su población disminuye de manera constante, ya que más de un 74% de las especies muestran una tendencia poblacional negativa. Entre ellas se encuentran especies de aves focales como el gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*) y el gorrión chapulinero (*Ammodramus savannarum*), cuya reducción de población a tasa anual era de 2.1 y 2.5%, según datos documentados durante los periodos de 1966 a 2015 y de 1993 a 2015, respectivamente (Sauer et al., 2017).

Los gorriones de Baird y chapulinero, al igual que otras especies de aves migratorias, tienen una dieta invernal basada en gran medida por semillas de plantas nativas (Block & Morrison, 2010). Esas son especies que dependen de la condición de la estructura y la productividad de los pastizales naturales para su protección y alimentación; por lo tanto, cambios que provocan fragmentación y pérdida de hábitat las convierte en elementos vulnerables de ese ecosistema (Macías & Panjabi, 2013); ello puede propiciar la

priority areas for grassland conservation. Of these, 26 are located in northern Mexico; these have been delimited because of their importance for the conservation of biodiversity in the ecosystem. Among these areas, two are of great relevance in our research: Cuchillas de la Zarca located in the north of the State of Durango (Martínez, Pereda & Wehenkel, 2014) and the Janos Biosphere Reserve located in the northwest of the State of Chihuahua (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2013). In both areas, grassland birds find the available resources (habitat) for their survival each winter; however, those conditions change each winter and are determined by climatic factors (Macías-Duarte, Panjabi, Ruvalcaba-Ortega & Levandoski, 2018).

In that sense, the dietary factors that have been little studied are the availability and caloric contribution of grass seeds included in the diet commonly consumed by grassland focal bird species. Therefore, the objectives of the present study were: i) To quantify the density of seeds on the ground involving two native grass species ii) To determine the caloric content of seeds and iii) To estimate the energy potential of seeds in sites that birds use for feeding.

Materials and methods

The study areas are located within the Chihuahuan Desert. The first is the Priority Area for the Conservation of Grasslands (Área Prioritaria para la Conservación

disminución de las poblaciones de dichas especies de aves (Macías-Duarte et al., 2017).

Actualmente, en Norteamérica se reconocen, por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CEC, 2005), 55 áreas prioritarias para la conservación de los pastizales. De ellas, 26 se localizan en el Norte de México; estas han sido delimitadas por la importancia que tienen para la conservación de la biodiversidad en el ecosistema. Entre dichas áreas, dos son de gran relevancia en nuestra investigación: Cuchillas de la Zarca ubicada en el norte del Estado de Durango (Martínez, Pereda & Wehenkel, 2014) y la reserva de la Biosfera de Janos localizada en el noroeste del Estado de Chihuahua (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2013). En ambas áreas, las aves de pastizal encuentran los recursos disponibles (hábitat) para su sobrevivencia cada invierno; sin embargo, esas condiciones cambian cada invierno y son determinadas por factores climáticos (Macías-Duarte, Panjabi, Ruvalcaba-Ortega & Levandoski, 2018).

En ese sentido, los factores de la alimentación que ha sido poco estudiado son la disposición y el aporte calórico de semillas de pastos incluidas en la dieta comúnmente consumida por las especies de aves focales de pastizal. Por consiguiente, los objetivos del presente estudio fueron: i) Cuantificar la densidad de semillas en el suelo al involucrar dos especies de pastos nativos ii), Determinar el contenido calórico de las semillas y

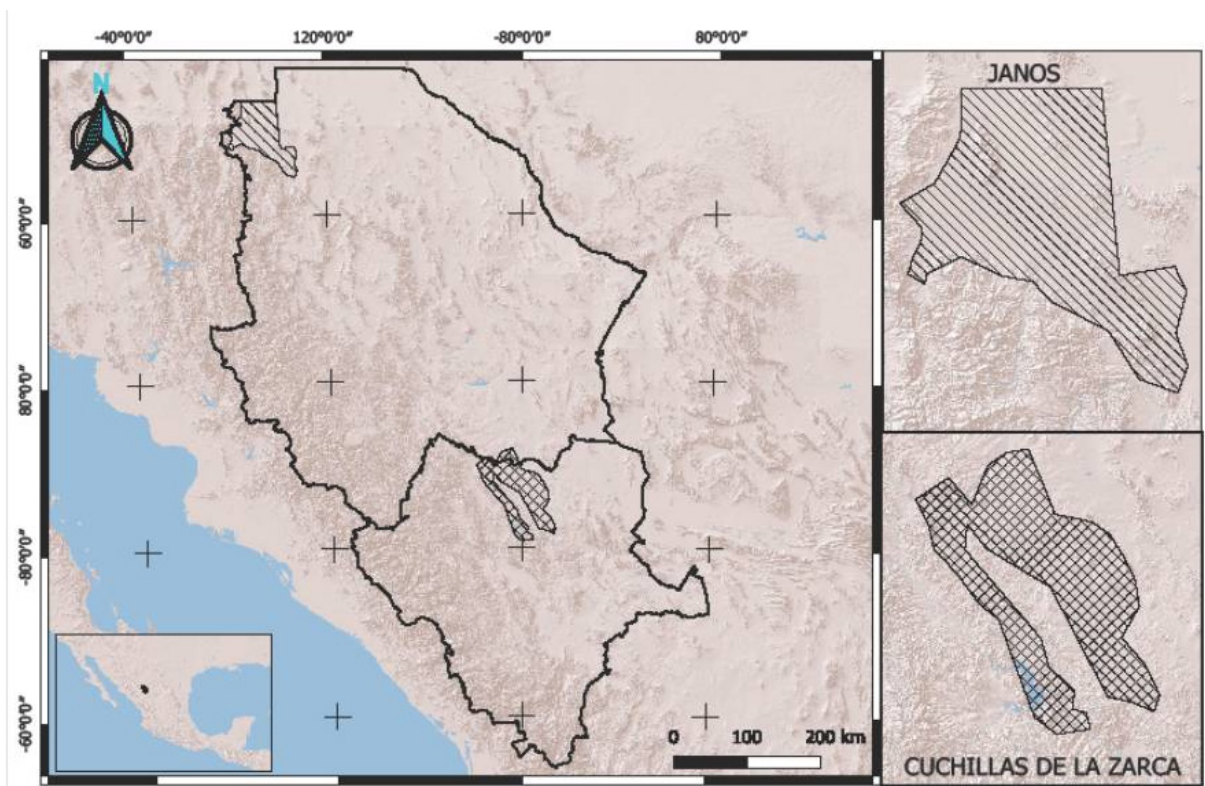


Figure 1. Location of the study areas Janos, Chihuahua and Cuchillas de la Zarca, Durango.

Figura 1. Localización de las áreas de estudio Janos, Chihuahua y Cuchillas de la Zarca, Durango

de pastizales APCP) known as Cuchillas de la Zarca (CUZA) and located in the northern part of the state of Durango. The surface of such Priority Area is 6,297 km² and is located between the geographic coordinates 105° 04' 30.86" W and 24° 41' 41.28" N, and 104° 57' 07.48" W and 25° 27' 04.24" N (Martínez et al., 2011a). The vegetation is composed of xerophytic scrub in 91% of the area and natural grassland in the remaining 9%. The shrub layer consists of species of the genera *Larrea*, *Prosopis*, *Acacia*, *Ephedra*, *Nolina*, *Opuntia*, *Juniperus* and *Quercus*; the herbaceous layer is composed of species of the genera *Bouteloua*, *Aristida*, *Buchloe*, *Andropogon*, *Melinis*, *Muhlenbergia*, *Sporobolus*, *Heteropogon* and *Pleuraphis* (Martínez et al., 2011b).

The other area is within the Janos Biosphere Reserve (JANOS), which is located in the municipality of Janos, Chihuahua, in the northwestern part of the state. The area of JANO is 526 482 ha and is located between the geographic coordinates 108° 56'49" W and 31° 11'7" N, and 108° 56'22" W and 30° 11'27" N. Its vegetation is composed of the three main vegetation type forests, scrublands and grasslands, where grasses of the genus *Bouteloua* dominate the landscape (CONANP, 2013).

The plant materials involved were seeds of the grasses *Bouteloua gracilis* and *Panicum obtusum*. Previously, in the stomach contents of *C. bairdii* and *A. savannarum*, seed residues belonging to the two genera that make up most of the diet of these grassland birds during the winter season were found, 53 ± 19 % of *Panicum* and 12 ± 10 % of *Bouteloua* in the total composition (Titulaer et al., 2017).

Determination of seed density in soil bank

During the months of January and February 2018, in each study area (CUZA, JANOS) soil seed bank collections were performed using the method proposed by Desmond, Mendez and Abbott (2008). This procedure consists of inserting an 8.8 cm diameter ring to delimit the surface and digging to a depth of 5 mm into the surface soil; then the entire soil was collected (volume = 3.04099e-5 m³) and placed in properly identified paper envelopes.

Soil seed bank samples were taken in each area. Samples were taken at georeferenced sites where birds were previously captured (permit SGPA/DGVS/011900/17) with mist nets. Captured birds were fitted with a LOTEK® PicoPip 379 radio transmitter attached with a harness (Rappole & Tipton, 1991). The day of detection was recorded from the first capture to the date of seed collection. Thus, n=45 seed samples correspond to sites where *C. bairdii* birds were captured, n=15 are associated with points visited by *A. savannarum* and n=15 are associated with points chosen at random by throwing an easily detected object.

iii) Estimar el potencial energético de semillas en sitios que las aves usan para alimentarse.

Materiales y métodos

Las áreas de estudio están ubicadas dentro del Desierto Chihuahuense. La primera es el Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), conocida como Cuchillas de la Zarca (CUZA) y ubicada en el norte del estado de Durango. La superficie de dicha Área Prioritaria es de 6 297 km² y está localizada entre las coordenadas geográficas 105° 04' 30.86" O y 24° 41' 41.28" N, y 104° 57' 07.48" O y 25° 27' 04.24" N (Martínez et al., 2011a). La vegetación se compone de matorral xerófilo en un 91 % de la superficie y de pastizal natural en el 9 % restante. El estrato arbustivo lo forman especies de los géneros *Larrea*, *Prosopis*, *Acacia*, *Ephedra*, *Nolina*, *Opuntia*, *Juniperus* y *Quercus*; el estrato herbáceo está compuesto por especies de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Buchloe*, *Andropogon*, *Melinis*, *Muhlenbergia*, *Sporobolus*, *Heteropogon* y *Pleuraphis* (Martínez et al., 2011b).

La otra área se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Janos (JANOS), que se localiza en el municipio de Janos, Chihuahua, al noroeste del Estado. La superficie de la JANO es de 526 482 ha y se ubica entre las coordenadas geográficas 108° 56'49" O y 31° 11'7" N, y 108° 56'22" O y 30° 11'27" N. Su vegetación se compone de los tres tipos principales de vegetación bosques, matorrales y pastizales, donde el pasto del género *Bouteloua* domina el paisaje (CONANP, 2013).

Los materiales vegetales involucrados fueron semillas de los pastos *Bouteloua gracilis* y *Panicum obtusum*. Previamente, en el contenido estomacal de *C. bairdii* y *A. savannarum* se encontraron residuos de semillas que pertenecen a los dos géneros que conforman la mayor parte de la dieta de estas aves de pastizal durante la época invernal, 53 ± 19 % de *Panicum* y 12 ± 10 % de *Bouteloua* en el total de su composición (Titulaer et al., 2017).

Determinación de la densidad de semillas en el banco del suelo

Durante los meses de enero y febrero del 2018, en cada área de estudio (CUZA, JANOS) se realizaron colectas del banco de semillas del suelo usando el método propuesto por Desmond, Mendez y Abbott (2008). Este procedimiento consiste en insertar un aro de 8.8 cm de diámetro para delimitar la superficie y cavando hasta una profundidad de 5 mm en el suelo superficial; luego se colecta todo el suelo (volumen = 3.04099e-5 m³) y se coloca en sobres de papel debidamente identificados.

Muestras del banco de semillas del suelo se tomaron en cada área. Las muestras se tomaron en sitios georreferenciados donde previamente se capturaron aves (permiso SGPA/DGVS/011900/17) con redes de

In the laboratory, the components of the seed samples were separated by means of a number 4 sieve (for soil samples). A Leica® model EZ4 stereoscope was used to remove foreign (non-seed) elements. Finally, only the seeds were weighed with a Sartorius® analytical balance. For each sample, the seed biomass per unit of soil surface area ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) was obtained.

Seed energy determination

For energy (caloric content) determination, one kilogram of seeds of each grass species (*Bouteloua gracilis* and *Panicum obtusum*) was collected manually at various sites within the CUZA and JANOS areas during September 2017 and January 2018, respectively.

The collected seeds were dried in an oven with forced air for 24 hours and the following day were ground in a Marathon electric® mill with a number 4 mesh. Thus, a fine powder was obtained from each of the samples and deposited in properly identified containers. This process was carried out in the postgraduate laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry of the Universidad Juárez del Estado de Durango.

The determination of the caloric content of the samples was carried out in the Food Laboratory of the Faculty of Agronomy of the Autonomous University of Nuevo Leon, in April 2018. For this, a Parr® brand adiabatic calorimetric bomb was used. With the pulverized sample of seeds, number 80 hard gelatin capsules were filled, to then enter them into the calorimetric bomb; the process was carried out with five repetitions per seed species and the mixture of both, following the procedures for the determination of energy in food (Mishima et al., 2008; Gallo, Gutiérrez, Torres & Villavicencio, 2018).

The caloric value ($\text{Kcal}\cdot\text{kg DM}^{-1}$) of the seed mixture from both sites (CUZA, JANOS) was used to estimate the energy potential of the bird detection sites by species and randomly corresponding to where the seed collection on the ground was performed.

Estimation of the energy potential of seeds

The caloric value ($\text{Kcal}\cdot\text{kg DM}^{-1}$) of the seed mixture of the areas (CUZA and JANOS) was used to estimate the energetic potential of the seeds collected at the bird detection sites by species and randomly chosen sites. For this, the amount of seeds collected on the ground at each site was considered.

Statistical analysis

The response variables seed density ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) and caloric content (gross energy calories ($\text{Kcal}\cdot\text{kg MS}^{-1}$)) by seed

niebla. A las aves capturadas se les colocó un transmisor de radio modelo PicoPip 379 de LOTEK® sujetado con un arnés (Rappole & Tipton, 1991). El día de la detección se registró desde la primera captura hasta la fecha de la colección de semillas. Así, $n=45$ muestras de semillas corresponden a sitios donde se capturaron aves de *C. bardii*, $n=15$ se asocian a puntos visitados por *A. savannarum* y $n=15$ se asocian a puntos elegidos al azar por medio del lanzamiento de un objeto de fácil detección.

En laboratorio, los componentes de las muestras de semillas fueron separados por medio de un tamiz (para muestras de suelo) del número 4. Un estereoscopio marca Leica® modelo EZ4 se usó para retirar los elementos extraños (que no eran semillas). Finalmente, solo las semillas se pesaron con una balanza analítica marca Sartorius®. Para cada muestra se obtuvo la biomasa de semillas por unidad de superficie de suelo ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$).

Determinación de energía en las semillas

Para la determinación de energía (contenido calórico), un kilogramo de semillas de cada especie de pasto (*Bouteloua gracilis* y *Panicum obtusum*) se colectó de forma manual en sitios diversos dentro de las áreas CUZA y JANOS durante los meses septiembre de 2017 y enero de 2018, respectivamente.

Las semillas colectadas se secaron en una estufa con aire forzado durante 24 horas y al día siguiente fueron molidas en un molino marca Marathon electric® con una malla del número 4. Así, un polvo fino se obtuvo de cada una de las muestras y fue depositado en envases debidamente identificados. Este proceso se realizó en el laboratorio de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

La determinación del contenido calórico de las muestras se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en abril de 2018. Para ello, una bomba calorimétrica adiabática marca Parr® fue usada. Con la muestra pulverizada de las semillas se rellenaron cápsulas de gelatina dura del número 80, para luego ingresarlas a la bomba calorimétrica; el proceso se realizó con cinco repeticiones por especie de semillas y la mezcla de ambas, siguiendo los procedimientos para la determinación de energía en alimentos (Mishima et al., 2008; Gallo, Gutiérrez, Torres & Villavicencio, 2018).

El valor calórico ($\text{Kcal}\cdot\text{kg MS}^{-1}$) de la mezcla de semillas de ambos sitios (CUZA, JANOS) se usó para estimar el potencial energético de los sitios de detección de las aves por especie y al azar, correspondientes a donde se realizó la colecta de semillas en el suelo.

species, by site, and by bird species failed to meet the requirement of normal distribution. Therefore, both were analyzed using the nonparametric Kruskal-Wallis (K-W) test, that is to say, the comparison test involved the adjusted medians using the Bonferroni technique with the NCSS® statistical program (Hintze, 2001).

Results and discussion

Overall, differences in seed density ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) and their energetic potential between CUZA and JANOS are significant when comparing values associated with sampling sites where specimens of the bird species were captured and randomly chosen sites during winter 2017-2018 (Table 1). Clearly, individuals of the *A. savannarum* species prefer to visit sites with higher seed density and energy potential than those of the *C. bairdii* species. Cabanillas (2017) estimated a lower seed density ($0.89 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ of seed in the soil during winter 2015-2016 at CUZA) than the values estimated in this work. This could be because that winter was preceded by a dry summer, a factor that influences the winter habitat selection of these bird species (Macías-Duarte et al., 2018).

At CUZA, seed density and energy potential at sites used by *C. bairdii* were significantly lower than the

Estimación del potencial energético de las semillas

El valor calórico ($\text{Kcal}\cdot\text{kg MS}^{-1}$) de la mezcla de semillas de las áreas (CUZA y JANOS) se usó para estimar el potencial energético de las semillas colectadas en los sitios de detección de las aves por especie y sitios escogidos al azar. Para ello, la cantidad de semillas colectadas en el suelo de cada sitio fue considerada.

Análisis estadístico

Las variables respuesta densidad de semilla ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) y contenido calórico (calorías de energía bruta ($\text{Kcal}\cdot\text{kg MS}^{-1}$)) por especie de semilla, por sitio y por especie de ave incumplieron con el requisito de distribución normal. Por lo tanto, ambas fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W), es decir, la prueba de comparación involucró las medianas ajustadas mediante la técnica de Bonferroni con el programa estadístico NCSS® (Hintze, 2001).

Resultados y discusión

En general, las diferencias de densidad de semillas ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) y su potencial energético entre CUZA y JANOS son importantes al comparar los valores asociados a sitios

Table 1. Soil seed density and energy potential estimated by considering collection sites used by sparrows of the species *Centronyx bairdii*, *Ammodramus savannarum* and randomly chosen in the areas Cuchillas de la Zarca, Hidalgo, Durango and Janos, Chihuahua, during winter 2017-2018.

Cuadro 1. Densidad de semillas en el suelo y su potencial energético estimados al considerar sitios de colecta usados por gorriones de las especies *Centronyx bairdii*, *Ammodramus savannarum* y escogidos al azar en las áreas Cuchillas de la Zarca, Hidalgo, Durango y Janos, Chihuahua, durante el invierno 2017-2018.

Area/variable Área /variable	Species/Especie		Random/Azar
	<i>C. bairdii</i>	<i>A. savannarum</i>	
Cuchillas de la Zarca			
*Seed density/ *Densidad de semilla	1.69 ± 0.9b	3.38 ± 1.0 ^{ab}	3.59 ± 1.0 ^a
** Energy potential/ **Potencial energético	6.16 ± 1.22b	12.35 ± 1.94 ^{ab}	13.11 ± 1.70 ^a
Janos			
*Seed density/ *Densidad de semilla	2.87 ± 0.5 ^a	3.16 ± 0.7 ^a	2.42 ± 0.5 ^a
** Energy potential/ **Potencial energético	10.10 ± 1.32 ^a	11.15 ± 1.69 ^a	8.54 ± 1.08 ^a

* Median ± EE ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Different literals between rows indicate significant difference ($P \leq 0.05$) by Kruskal-Wallis Test and Bonferroni technique.

**Mean ± EE ($\text{Kcal}\cdot\text{kg DM}^{-1}$) Different literals between rows indicate significant difference ($P \leq 0.05$) by Kruskal-Wallis Test and Bonferroni technique.

*Mediana ± EE ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). Literales distintas entre renglones indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) mediante la Prueba de Kruskal-Wallis y la técnica de Bonferroni.

**Mediana ± EE ($\text{Kcal}\cdot\text{kg MS}^{-1}$) Literales distintas entre renglones indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) mediante la Prueba de Kruskal-Wallis y la técnica de Bonferroni.

values associated with sites visited by *A. savannarum* and random sites; however, the differences were not significant ($P \leq 0.05$) between the two bird species (Table 1). These seed density results are different from those found by Mendez-Gonzalez (2010) in Texas, as he reported differences between sites used by birds (higher amount of seed) and random sites (lower amount of seed).

In the case of JANOS, differences in seed density and energy potential between sites visited by specimens of the bird species involved and randomly chosen sites were not significant (Table 1). These results suggest that winter habitat selection by these grassland bird species plays an important role. In addition to food availability (seeds), habitat structure elements (grass height, grass cover) influence the movement pattern of these bird species (Sierra-Franco, Martínez, Pereda & Strasser, 2019). Also, variation in resource availability can explain foraging behavior (Raphael & Maurer, 1990) because grass seed maturation occurs heterogeneously and also depends on other environmental conditions (Quero-Carrillo & Enriquez-Quiroz, 2013).

Sparrows of the genera *Centronyx* and *Ammodramus* tend to be solitary foragers; this may have contributed to the lower foraging rate. In contrast, social foraging individuals form flocks and thus can better estimate the quality of a food source in a shorter time by simply observing the behaviors of other individuals in the group (Clark & Mangel, 1984).

Knowledge about seed density in a grassland could be a factor that allows predicting population changes in the fauna that inhabit it (Reyes et al., 2013). The bird species involved in our study are dependent on this ecosystem and feed on seeds during the winter. Therefore, the abundance, spatial distribution and their population density could be positively correlated with the availability of seeds on the ground (Benchhold & Stouffer, 2005; Titulaer, 2016).

The caloric content of the seed mixture obtained during collection in the two study areas was different (K-W, $Z > 1.96$; Table 2). The caloric content of seeds collected in Cuchillas de la Zarca, Durango (3 650.3 Kcal·kg DM⁻¹) was significantly higher than those collected in Janos, Chihuahua (3 520.8 Kcal·kg DM⁻¹).

The energy values of the seed mixtures found in the present study are similar, although slightly lower, to the caloric content (3 990 Kcal·kg DM⁻¹) of canaryseed (*Phalaris canariensis*) reported by Villaseñor and Espinoza (1999). Canaryseed forms a captive bird food and its energy value is higher than that of quinoa seed (*Chenopodium quinoa* Will.), i.e. 3 129 Kcal·kg DM⁻¹, which are also consumed by birds associated with established crops (Loza, Clavitea & Delgado, 2016).

de muestreo donde se capturaron especímenes de las especies de aves y sitios escogidos al azar durante el invierno 2017-2018 (Cuadro 1). Claramente, los individuos de la especie *A. savannarum* prefieren visitar sitios con mayor densidad de semilla y potencial energético que los de la especie *C. bairdii*. Cabanillas (2017) estimó una densidad de semillas menor (0.89 g·m⁻² de semilla en el suelo durante el invierno 2015-2016 en CUZA) a los valores estimados en este trabajo. Ello pudo deberse a que ese invierno fue precedido por un verano seco, factor que influye en la selección del hábitat invernal de estas especies de aves (Macías-Duarte et al., 2018).

En CUZA, la densidad de semillas y el potencial energético en los sitios usados por *C. bairdii* fueron significativamente menores a los valores asociados a los sitios visitados por *A. savannarum* y sitios al azar; sin embargo; las diferencias fueron no significativas ($P \leq 0.05$) entre las dos especies de aves (Cuadro 1). Estos resultados de densidad de semillas son distintos a los que encontró Mendez-Gonzalez (2010) en Texas, ya que él consignó diferencias entre los sitios usados por las aves (mayor cantidad de semilla) y los sitios al azar (menor cantidad de semillas).

En el caso de JANOS, las diferencias de densidad de semillas y potencial energético entre sitios visitados por especímenes de las especies de aves involucradas y sitios escogidos al azar fueron no significativas (Cuadro 1). Estos resultados sugieren que la selección de hábitat invernal por estas especies de aves de pastizal juega un papel importante. Además de la disponibilidad de alimento (semillas), los elementos estructura del hábitat (altura de pasto, cobertura de pasto) influyen sobre el patrón de movimientos de dichas especies de aves (Sierra-Franco, Martínez, Pereda & Strasser, 2019). Asimismo, la variación de la disponibilidad de los recursos puede explicar el comportamiento de forrajeo (Raphael & Maurer, 1990) porque la maduración de las semillas de pastos se da heterogéneamente y depende también de otras condiciones ambientales (Quero-Carrillo & Enriquez-Quiroz, 2013).

Los gorriones de los géneros *Centronyx* y *Ammodramus* tienden a ser forrajeadores solitarios; ello pudo haber contribuido a que la tasa de alimentación haya sido menor. Por el contrario, los individuos forrajeadores sociales forman parvadas y así pueden estimar mejor y en menor tiempo la calidad de una fuente de alimentación a través del simple hecho de observar las conductas de otros individuos del grupo (Clark & Mangel, 1984).

El conocimiento sobre la densidad de semillas en un pastizal podría ser un factor que permita predecir los cambios poblacionales de la fauna que lo habita (Reyes et al., 2013). Las especies de aves involucradas en

Table 2. Caloric content of seeds of *Bouteloa gracilis*, *Panicum obtusum* and their mixture found in the soil when considering collection sites used by sparrows of the species *Centronyx bairdii* and *Ammodramus savannarum* in the areas Cuchillas de la Zarca, Hidalgo, Durango and Janos, Chihuahua during winter 2017-2018.

Cuadro 2. Contenido calórico de semillas de *Bouteloa gracilis*, *Panicum obtusum* y su mezcla encontrada en el suelo al considerar sitios de colecta usados por gorriones de las especies *Centronyx bairdii* y *Ammodramus savannarum* en las áreas Cuchillas de la Zarca, Hidalgo, Durango y Janos, Chihuahua durante el invierno 2017-2018

Area / Área	Species / ESpecie		Mixture / Mezcla
	<i>B. gracilis</i>	<i>P. obtusum</i>	
Cuchillas de la Zarca	3,812.4 ± 4.48 ^a	3,826.9 ± 7.11 ^a	3,650.3 ± 6.23 ^a
Janos	3,559.5 ± 4.67 ^b	3,680.3 ± 5.98 ^b	3,520.8 ± 3.82 ^b

* Median ± EE expressed in Kcal·kg DM⁻¹. **Different literals in the same column indicate significant difference ($P \leq 0.05$) by Kruskal-Wallis Test and Bonferroni technique.

*Mediana ± EE expresada en Kcal·kg MS⁻¹. **Literales distintas en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) mediante la Prueba de Kruskal-Wallis y la técnica de Bonferroni.

The caloric contents of the seeds of both grass species collected in CUZA were significantly higher than those collected in JANOS (Table 2). The difference in the dates of seed collection (CUZA in September, JANOS in January) could affect their caloric content because the stage of development (onset of maturation and mature seeds, respectively) was different. In this regard, a reduction in seed crude protein content due to maturation effect is also manifested by a reduction of available energy values in growing broiler diets (Chrystal et al., 2020). In the same vein, Connor and Hawkes (2018) noted the effect of changes in rainfall precipitation levels as a determinant of change in plant physiology influencing net primary production of quackgrasses in Texas. In our case, the precipitation variable was omitted.

In general, all foods supply energy in the form of calories to the organism that consumes them. The energy required by birds provides them with growth of their organic tissues and facilitates egg production, physical activities and, above all, allows them to maintain normal body temperature while the surplus will be stored as fat (Scott, Nesheim & Young, 1973). Specimens of the species *C. bairdii* and *A. savannarum* are birds whose energy requirements are still unknown, but it is intuited that as migratory birds they require sufficient energy to carry out their daily activities such as flying, foraging and escaping from predators. These activities together require 11 to 20 times more energy per minute than the basal metabolic rate of domestic parakeets in captivity (Schegg et al., 2007). In the same sense, the energy requirements of the study species are supplied by the consumption of grass seeds, as they constitute the main source of food during winter (Titulaer et al., 2017). In turn, the abundance and quality of available food is related to the birds' ability to assimilate energy (Schmaljohann & Eikenaar, 2017).

nuestro estudio son dependientes de este ecosistema y se alimentan de semillas durante el invierno. Por lo tanto, la abundancia, distribución espacial y su densidad poblacional se podrían correlacionar positivamente con la disponibilidad de semillas en el suelo (Benchhold & Stouffer, 2005; Titulaer, 2016).

El contenido calórico de la mezcla de semillas obtenidas durante la colecta en las dos áreas de estudio fue diferente (K-W, $Z > 1.96$; Cuadro 2). El contenido calórico de semillas colectadas en Cuchillas de la Zarca, Durango (3 650.3 Kcal·kg MS⁻¹) fue significativamente mayor que el de las colectadas en Janos, Chihuahua (3 520.8 Kcal·kg MS⁻¹).

Los valores energéticos de las mezclas de semillas encontrados en el presente estudio son parecidos, aunque ligeramente menores, al contenido calórico (3 990 Kcal·kg MS⁻¹) de la semilla de alpiste (*Phalaris canariensis*) consignado por Villaseñor y Espinoza (1999). Las semillas de alpiste conforman un alimento de aves en cautiverio y su valor energético es mayor al de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Will.), i.e. 3 129 Kcal·kg MS⁻¹, que también son consumidas por aves asociadas a cultivos establecidos (Loza, Clavitea & Delgado, 2016).

Los contenidos calóricos de las semillas de ambas especies de pastos colectadas en CUZA fueron significativamente mayores que los de las colectadas en JANOS (Cuadro 2). La diferencia en las fechas de colecta de las semillas (CUZA en septiembre, JANOS en enero) pudo afectar su contenido calórico debido a que la etapa de desarrollo (inicio de maduración y semillas maduras, respectivamente) fue distinto. Al respecto, una reducción en el contenido de proteína cruda de la semilla por efecto de maduración se manifiesta también mediante una reducción de los valores de energía disponibles en dietas para pollos

In our findings, the energy values of the seed species involved could be considered relatively large, considering that their main consumers are small bird species. Precisely, smaller species require more energy because they have a higher basal metabolic rate. Such is the case of domestic parakeets (*Melopsittacus undulatus*) because they channel 81% of their daily intake to their daily energy expenditure, despite being captive birds and spending 94% of their time posed on a perch (Schegg, et al., 2007). So, grassland birds may require more than these amounts and can supplement their energy requirement if they feed more frequently.

Also, something important may be the fact that some bird species have a characteristic behavior or adaptation of the beak that tends to specialize in the consumption of a particular type of seed that helps them satisfy a specific nutritional requirement. This is the case for *Serinus serinus* during the breeding season when seed availability is irrelevant and energy content is what is important (Varela, Wagner, Romero, Gutierrez & Rey, 2005). This could be the reason why grassland birds prefer seeds of certain native grass species (Titulaer et al., 2017). This forms an opportunistic behavior by consuming seeds of certain species and is considered as a behavior that is transmitted as part of a survival process (Cabrera, Durán & Nieto, 2006).

A model made in 1974 (i.e. Rotenberry, 1980) involves the energy required by birds of the order Passeriformes, family Passerellidae to which the bird species considered in our research belong. The estimate was an annual demand of 2.91 Kcal·m²·yr⁻¹, equivalent to daily demands of 0.0025 to 0.0260 Kcal·m⁻². That energy was obtained in a higher percentage through seed consumption and only 0.7 % of the total intake corresponded to arthropod consumption.

Conclusions

During a winter season, the seed density of the native grass species *Bouteloa gracilis* and *Panicum obtusum* in the soil was determined, as well as their caloric content and energy potential in their function as food for the focal grassland bird species *Centronyx bairdii* and *Ammodramus savannarum* in two priority areas for the conservation of grasslands in the Chihuahuan Desert in Mexico.

Specimens of *Centronyx bairdii* used foraging sites with less amount of seed and, consequently, with relatively less amount of energy. Specimens of *Ammodramus savannarum* preferred to forage at sites with a higher density of *Bouteloa gracilis* and *Panicum obtusum* seeds and, therefore, with a higher amount of energy. An important recommendation is to continue generating information in this regard and to analyze it taking into account variables ignored in this work, such as rainfall and vegetation structure of the sites used by these bird

en crecimiento (Chrystal et al., 2020). En el mismo sentido, Connor y Hawkes (2018) señalaron el efecto de cambios en los niveles de precipitación pluvial como factor determinante de cambio en la fisiología vegetal que influye sobre la producción primaria neta de pastos amacollados en Texas. En nuestro caso, la variable precipitación fue omitida.

En general, todos los alimentos suministran energía en forma de calorías al organismo que los consume. La energía requerida por las aves les proporciona crecimiento de sus tejidos orgánicos y facilita la producción de huevos, realización de actividades físicas y, sobre todo, les permite el mantenimiento de la temperatura corporal normal mientras que los excedentes se almacenarán como grasa (Scott, Nesheim & Young, 1973). Los especímenes de las especies *C. bairdii* y *A. savannarum* son aves cuyos requerimientos de energía aún se desconocen, pero se intuye que por ser aves migratorias requieren energía suficiente para efectuar sus actividades cotidianas como volar, buscar alimento y escapar de sus depredadores. Estas actividades en conjunto requieren de 11 a 20 veces más energía por minuto que la tasa metabólica basal de los periquitos domésticos en cautiverio (Schegg et al., 2007). En el mismo sentido, los requerimientos de energía de las especies de estudio son suministrados por el consumo de semillas de pastos, ya que constituyen la fuente principal de alimento durante el invierno (Titulaer et al., 2017). A su vez, la abundancia y calidad del alimento disponible está relacionado con la capacidad de las aves para asimilar energía (Schmaljohann & Eikenaar, 2017).

En nuestros hallazgos, los valores de energía de las especies de semillas involucradas podrían considerarse relativamente grandes, considerando que sus principales consumidores son especies de aves pequeñas. Precisamente, las especies más pequeñas requieren de más energía porque tienen una tasa metabólica basal mayor. Tal es el caso de los periquitos domésticos (*Melopsittacus undulatus*) porque de su ingesta diaria canalizan el 81 % a su gasto diario de energía, a pesar de ser aves en cautiverio y de que pasan 94 % del tiempo posados en una percha (Schegg, et al., 2007). Entonces, las aves de pastizal podrían requerir más que esas cantidades y pueden suplementar su requerimiento energético si se alimentan más frecuentemente.

También, algo importante puede ser el hecho de que algunas especies de aves tienen como característica un comportamiento o adaptación del pico tendiente a especializarse en el consumo de un tipo particular de semilla que les ayuda a satisfacer un requerimiento nutricional específico. Este es el caso de *Serinus serinus* durante la época de crianza cuando la disponibilidad de la semilla es irrelevante y el contenido energético es lo importante (Varela, Wagner, Romero, Gutierrez &

species for feeding. The purposes may be i) To better understand the process by which *C. bairdii* and *A. savannarum*, as indicator species, select winter habitat and ii) To be able to design and implement biodiversity conservation strategies with greater probability of success in the grasslands of the Mexican part of the Chihuahuan Desert.

End of English version

References / Referencias

- Benchhold, C., L., & Stouffer, P., C. (2005). Home-range size, response to fire, and habitat preferences of wintering Henslow's sparrow. *Will Bull.* 117: 211-225.
- Block, G., & Morrison, M., L. (2010). Large-scale effects on bird assemblages in desert grasslands. *West. North Am. Nat.* 70: 19-25. <https://doi.org/10.3398/064.070.0103>
- Cabanillas, C., F., G. (2017). Disponibilidad de semilla en el suelo y su relación con la densidad y selección de habitat invernal de aves del género *Ammodramus*. Tesis de maestría. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, Dgo.
- Cabrera, R., Durán, A., & Nieto, J. (2006). Aprendizaje social y estrategias de forrajeo en parvadas de palomas: efectos de la cantidad de alimento. *Revista Mexicana de Psicología* 23(1): 111-121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243020646013>
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CEC). (2005). North American Grassland Priority Conservation. Areas: Technical Report and Documentation. Eds. J.W. Karl and J. Hoth. Commission for Environmental Cooperation and The Nature Conservancy. Montreal, Quebec. pp. 153. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2568-north-american-grassland-priority-conservation-areas-en.pdf>
- Chrystal, V., P., Moss, F., A., Khoddami, A., Naranjo, D., V., Selle, H., P., & Yun, L., S. (2020). Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. *Poultry Science* 99: 1421-1431. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.060>.
- Clark, C. W., & Mangel, M. (1984). Foraging and flocking strategies: Information in an uncertain environment. *American Naturalist* 123: 626-641. <https://www.jstor.org/stable/2461242>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2013). Programa de manejo Reserva de la Biosfera de Janos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. pp.176. <https://www.rufford.org/files/Programa%20de%20Manejo%20Reserva%20de%20la%20Biosfera%20Janos.pdf>
- Connor, W., E., & Hawkes, V., C. (2018). Effects of extreme changes in precipitation on the physiology of *C₄* grasses. *Oecología* 188(2): 1-11. DOI: 10.1007/s00442-018-4212-5
- Rey, 2005). Esta podría ser la razón de por qué las aves de pastizal prefieren las semillas de ciertas especies de pastos nativos (Titulaer et al., 2017). Ello conforma un comportamiento oportunista al consumir semillas de determinadas especies y se considera como una conducta que se transmite como parte de un proceso de sobrevivencia (Cabrera, Durán & Nieto, 2006).
- Un modelo realizado en 1974 (i.e. Rotenberry, 1980) involucra la energía requerida por aves del orden Passeriformes, familia Passerellidae a los que pertenecen las especies de aves consideradas en nuestra investigación. Lo estimado fue una demanda anual de 2.91 Kcal·m²·año⁻¹, equivalente a demandas diarias de 0.0025 a 0.0260 Kcal·m². Esa energía se obtuvo en mayor porcentaje mediante el consumo de semillas y tan solo 0.7 % del total de la ingesta correspondió al consumo de artrópodos.

Conclusiones

Durante una época invernal se logró determinar la densidad de semillas, de las especies de pasto nativo *Bouteloa gracilis* y *Panicum obtusum*, en el suelo, así como su contenido calórico y potencial energético en su función de alimento de las especies de aves focales de pastizal *Centronyx bairdii* y *Ammodramus savannarum* en dos áreas prioritarias para la conservación de pastizales del Desierto Chihuahuense en México.

Los especímenes de *Centronyx bairdii* usaron sitios de forrajeo con menos cantidad de semilla y, por consecuencia, con relativamente menor cantidad de energía. Los especímenes de *Ammodramus savannarum* prefieren alimentarse en sitios con más densidad de semillas de *Bouteloa gracilis* y *Panicum obtusum* y, por lo tanto, con más cantidad de energía. Una recomendación importante es continuar generando información al respecto y analizarla tomando en cuenta variables ignoradas en este trabajo, como precipitación pluvial y estructura de la vegetación de los sitios usados por estas especies de aves para alimentarse. Los propósitos pueden ser i). entender de una mejor manera el proceso por el cual *C. bairdii* y *A. savannarum*, como especies indicadoras, seleccionan el hábitat invernal y ii). poder diseñar e implementar estrategias de conservación de la biodiversidad con mayor probabilidad de éxito en los pastizales de la parte mexicana del Desierto Chihuahuense.

Fin de la versión en español

Cotera, M., Guadarrama, E., Brenner, J., Arango, A. M., García, G. M. E.,..., Parra, I. E. (2004). Ecoregional conservation assessment of the Chihuahuan Desert. Pronatura Noreste and The Nature Conservancy,

- World Wildlife Fund. www.worldwildlife.org/wildplaces/cd/science.cfm
- Desmond, M., J., Mendez, G., C., & Abbott, L., B. (2008). Winter diets and seed selection of granivorous birds in southwestern New Mexico. *Studies in Avian Biology* 37: 101-112. https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/sab/sab_037.pdf
- Gallo, C., N., Gutiérrez, G., E., Torres, R., G., & Villavicencio, P., A. (2018). Caracterización energética del lechuguín y pasto alemán con 100%, 50% y 25% de humedad utilizando la bomba calorimétrica adiabática. *Aporte Santiaguino* 11(1): 31-42. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3898>
- Hintze, J. (2001). NCSS and PASS, Number Cruncher Statistical Systems, Keyville, Utah, U.S.A. WWW.NCSS.COM
- Hoyt, A. C. (2002). The Chihuahuan Desert: Diversity at Risk. *Endangered Species Bulletin* 27(2): 16-17. <https://www.fws.gov/endangered/bulletin/2002/03-06/16-17.pdf>
- Loza, D., C., A., Clavitea, J., & Delgado, P. (2016). Incidencia de aves granívoras y su importancia como plagas en el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en el altiplano peruano. *Bioagro* 28(3): 139-150. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85749314001>
- Macías, D., A., & Panjabi, A. (2013). Association of Habitat Characteristics with Winter Survival of a Declining Grassland Bird in Chihuahuan Desert Grasslands of Mexico. *The Auk*, 130: 141-149. <https://doi.org/10.1525/auk.2012.12047>
- Macías-Duarte, A., Panjabi, O., A., Strasser, H., E., Levandoski, J., G., Ruvalcaba-Ortega, I.,..., Ortega-Rosas, C., I. (2017). Winter survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland conditions in the Chihuahuan Desert. *J. Field Ornithol.* 88(4): 374-386. DOI: 10.1111/jofo.12226
- Macías-Duarte A., A. O. Panjabi, D. B. Pool, I. Ruvalcaba-Ortega, G., & Levandoski. 2018. Fall vegetative cover and summer precipitation predict abundance of wintering grassland birds across the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 156: 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.04.007>
- Manzano, F. P., List, R., Ceballos, G., & Cartron, J. E., (2006). Avian diversity in a priority area for conservation in North America: the Janos-Casas Grandes Prairie Dog Complex and adjacent habitats in northwestern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15: 3801-3825. DOI:10.1007/s10531-005-5408-7
- Martínez, G. J. H., Pereda, S. M. E., & Wehenkel, C. (2014). Association of *Ammodramus bairdii* A. 1844, and other species of grasslands granivorous birds in Winter time in Northwestern Mexico. *Open Journal of Ecology* 4, 281-288. <http://dx.doi.org/10.4236/oje.2014.45026>
- Martínez, G. J. H., Wehenkel, C., Pereda, S. M. E., Panjabi, A., Levandoski, G.,..., Díaz, M. R. (2011a) Relación entre la cobertura del suelo y atributos de la vegetación invernal con *Ammodramus bairdii* Audubon 1844, en el Noroeste de México. *Agrociencia* 45: 443-451. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952011000400004&script=sci_arttext&tlnq=en
- Martínez, G. J. H., Wehenkel, C., Pereda, S. M. E., Panjabi, A., Levandoski, G.,..., Hernández, J. C. (2011b). Abundancia y distribución invernal de *Ammodramus bairdii*, en la región de Cuchillas de la Zarca, México. *Huitzil* 12(1): 9-14. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S187074592011000100003&script=sci_arttext&tlnq=pt
- Mendez-Gonzalez, C. E. (2010). Influence of seed resources on the diet, seed selection, and community dynamics of wintering birds in semi-arid grasslands. New Mexico State University. ProQuest Dissertations Publishing, 3534178. <https://search.proquest.com/openview/1412c00b9562d6670de3d7c2f09f6c90/1?pqorigsite=g scholar&cbl=18750&diss=y>
- Mishima, D., Kuniki, M., Sei, K., Soda, S., Ike, M., & Fujita, M. (2008). Ethanol production from candidate energy crops: water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Bioresour Technol* 99(7): 495-500. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.056>
- Murphy, M., T. (2003). Avian Population Trends within the evolving agricultural landscape of eastern and central United States. *The Auk* 120(1): 20. http://pdxscholar.library.pdx.edu/bio_fac/70
- Pool, D. B., A. Macias-Duarte, A. O. Panjabi, G. Levandoski, & E. Youngberg. (2012). Chihuahuan Desert Grassland Bird Conservation Plan, version 1.0 Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-RGJV-11-01. 74 pp. <https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/ChihuahuanDesertGrasslandBirdPlan2012v1.0.pdf>
- Pool, D., B., Panjabi, O., A., Macias, D., A., & Solhjem, M., D. (2014). Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. *Biological Conservation* 170: 274-281. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.019>
- Quero-Carrillo, A., R., & Enríquez-Quiroz, J., F. (2013). Manejo de la producción de semilla en especies forrajeras: experiencias en México. Manejo de pastos y forrajes tropicales. pp. 143-154. *Cuadernos Científicos Giraraz* 13. ISBN 978-980-6863-14-9. <https://www.researchgate.net/publication/309647786>
- Raphael, G., M., & Maurer, A., B. (1990). Biological considerations for study design. In: Morrison, L., M., Ralph, J., C., Verner, J., Jehl, R. J. (Editores). *Avian Foraging: Theory, Methodology and Applications. Studies in Avian Biology* 13: 123-125. ISBN: 0-935868-47-X https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/sab/sab_013.pdf
- Rappole, J. H., & Tipton A. R. (1991). New harness design for attachment of radio transmitters to small passerines. *J. Field Orn.* 62: 335-337 <https://www.jstor.org/stable/20065798>
- Reyes, F., González, Y., Navarro, M., Iglesias, J., M., Hernández, D.,..., Ruz, E. (2013). Composición genérica del banco de semilla del suelo en un sistema silvopastoril multisociado. *Pastos y Forrajes* 36(3):

- 296-299. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v36n3/pyf02313.pdf>
- Rotenberry, T., J. (1980). Bioenergetics and Diet in a Simple Community of Shrub steppe Birds. *Oecologia* (Berl.) 46: 7-12. <https://doi.org/10.1007/BF00346958>
- Schmaljohann, H., & Eikenaar, C. (2017). How do energy stores and changes in these affect departure decisions by migratory birds? A critical view on stopover ecology studies and some future perspectives. *J Comp Physiol A* 203: 411-429. <https://doi.org/10.1007/s00359-017-1166-8>
- Samson, F. B., Knopf, F. L., & Ostlie, W. R. (2004). Great Plains Ecosystems: Past, present, and future. *Wildlife Society Bulletin* 32: 6-15. <http://digitalcommons.unl.edu/usgsstaffpub/45>
- Sauer, J. R., Hines, J. E., Fallon, J., Pardieck, K. L., Ziolkowski, D. J., & Link, W. A., (2012). The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2011, version 12.07.2011. US Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland. Doi:10.3996/nafa.79.0001
- Sauer, R., J., Paedieck, L., K., Ziolkowski, J., D., Smith, C., A., Hudson, R., M.,..., Link, A., W. (2017). The first 50 years of the North American Breeding Bird Survey. *The Condor* 19: 576-593. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-17-83.1>
- Schegg, A., Sabine, G., G., H., Keller, P., Henk, V., G., & Steinger, A. (2007). Feeding behaviour and daily energy expenditure of domesticated budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): Influence of type of housing and vertical position of the feeder. *Applied Animal Behaviour Science* 108: 302-312. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.01.008>
- Schmutz, E., M., Smith, E., L., Ogden, P., R., Cox, M., L., Klemmedson, ..., Fierro, L. C. (1991). Natural grasslands: Introduction and western hemisphere ecosystems of the world. 8a. Elsevier, Amsterdam, Holland. *Desert Grassland*. pp. 337-362. ISBN 0444-88264-2. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/1015647>
- Sierra-Franco, D., Martínez, G., J., H., Pereda, S., M., E., & Strasser, H., E. (2019). Patrón de movimientos y ámbito hogareño invernal de aves de pastizal en el noroeste de México. *Biotecnia* 21(3): 41-47. DOI: 10.18633/biotecnia.v21i3.1010
- Scott, L., M., Nesheim, C., M., & Young, J., R. (1973). Alimentación de las aves. Ed Pedrel. Barcelona, España.
- Sutton, A., (2000). El Desierto Chihuahuense, nuestro desierto. Fondo Mundial para la Naturaleza. <http://www.pronatura.org>.
- Titulaer, M. (2016). Selección de semillas y dieta invernal de aves de pastizal en el norte de México. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih., México. <http://repositorio.uach.mx/99/>
- Titulaer, M., Melgoza, C., A., Panjabi, O., A., Sánchez, F., A., Martínez, G., J., H.,..., Fernández, A., J. (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): e0189695. DOI: 10.1371/journal.pone.0189695
- Varela, F., Wagner, H., R., Romero, P., M., Gutierrez, E., J., & Rey, J., P. (2005). Dietary specialization on high protein seeds by adult and nestling serins. *The Condor* 107: 29-40. <https://doi.org/10.1650/7599>
- Villaseñor, R., J., L., & Espinosa, G., F., J. (1999). Catálogo de malezas de México. Fondo de Cultura Económica. Ediciones Científicas Universitarias. México, D.F. pp.448. ISBN: 9789681658786