

CARACTERÍSTICAS DE AGUAJES ARTIFICIALES Y SU RELACIÓN CON EL USO POR LA FAUNA SILVESTRE EN COAHUILA, MÉXICO

CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL WATER SOURCES AND ITS RELATIONSHIP WITH THE USE BY WILDLIFE IN COAHUILA, MEXICO

Norma Alejandra **Ovalle-Rivera**¹, Luis Antonio **Tarango-Arámula**^{1*}, Eloy Alejandro **Lozano-Cavazos**², Juan Felipe **Martínez-Montoya**¹, Genaro **Olmos-Oropeza**¹, Fernando **González-Saldívar**³, Saúl **Ugalde-Lezama**⁴

¹Colegio de Postgraduados. Campus San Luis Potosí. 78620. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. (Itarango@colpos.mx). ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Recursos Naturales Renovables. Calzada Antonio Narro núm. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. ³Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares Nuevo León Carretera Nacional #85, Km 145, Linares, Nuevo León, México. C.P. 67700. ⁴Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México.

RESUMEN

Con el fin de proveer agua a las especies de fauna silvestre de interés cinegético, la construcción de aguajes artificiales inició en las décadas de 1940 y 1950 por agencias estatales y federales de los Estados Unidos. Sin embargo, para su construcción y establecimiento no se consideran todos los factores que incrementen su uso por la fauna silvestre. El objetivo de este estudio fue relacionar la frecuencia del uso de los aguajes artificiales por la fauna silvestre con sus características físicas, temperatura, humedad relativa del área, calidad del agua y características de la vegetación circundante a éstos en la UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México. En este estudio, aunque se considera que la localidad del agua, la temperatura y humedad son importantes, las características de la vegetación adyacente a los aguajes, es la que más influye en su uso por la fauna silvestre. La frecuencia de uso de los aguajes por la fauna silvestre se registró con cámaras trampa (HC500 HyperFire Semi-Covert IR de Reconyx, Wisconsin, USA). Para conocer cuáles de las variables estudiadas se asociaron más con la frecuencia de visitas se realizó una prueba de coeficiente de regresión *Poisson* en el software R-Studio, y para una visualización gráfica de esta asociación se realizó un análisis de correspondencias múltiples en el software Xlstat. Las especies que más utilizaron los aguajes fueron venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, 32.8%), mapache (*Procyon lotor*, 18.9%) y pecarí (*Pecari tajacu*, 8.29%). De las 57 variables evaluadas, 11 se asociaron más con la frecuencia de visitas a los aguajes. El análisis

ABSTRACT

With the goal of providing water to wildlife species of hunting interest, the construction of artificial water sources began in the 1940s and 1950s by state and federal agencies of the United States. However, for their construction and establishment, not all the factors that increase its use by wildlife are considered. The objective of this study was to relate the frequency of use of artificial water sources by wildlife with their physical characteristics, temperature, relative humidity of the area, water quality and characteristics of the surrounding vegetation to these in UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico. In this study, even when it is considered that the water location, the temperature and the humidity are important, the characteristics of the vegetation adjacent to the water sources is what that influences most their use by wildlife. The frequency of use of water sources by wildlife was recorded with camera traps (HC500 HyperFire Semi-Covert IR of Reconyx, Wisconsin, USA). To understand which of the variables studied were most associated with the frequency of visits, a Poisson regression coefficient test was carried out with the R-Studio software; and for a graphic visualization of this association, a multiple correspondence analysis was performed in the Xlstat software. The species that used the artificial water sources most were white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, 32.8%), raccoon (*Procyon lotor*, 18.9%) and peccary (*Pecari tajacu*, 8.29%). Of the 57 variables evaluated, 11 were associated more with the frequency of visits to the water sources. The multiple correspondence analysis identified that the width of the water source edge from 1 to 10 cm and the frequent presence of *Vachellia farnesiana* were the variables that related most with the category of high frequency of visits. These results

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: abril, 2020. Aprobado: junio, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 825-842. 2020.

de correspondencias múltiples identificó que el ancho del bordo de agujaje de 1 a 10 cm y la presencia frecuente de *Vachellia farnesiana* fueron las variables más relacionadas con la categoría de frecuencia de visitas alta. Estos resultados pueden ser útiles para entender mejor el uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre y aumentar la probabilidad de su uso.

Palabras clave: calidad de agua, fauna silvestre, vegetación aledaña, *Vachellia farnesiana*, frecuencia de visitas.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para los organismos y su distribución geográfica no es homogénea. Las especies de fauna silvestre que habitan en zonas áridas y semiáridas son las más afectadas por esta limitación (Simpson *et al.*, 2011). Durante las décadas de 1940 y 1950 en los Estados Unidos, la construcción de agujajes artificiales se inició para beneficiar a las especies de interés cinético (Simpson *et al.*, 2011). Los agujajes artificiales en ambientes áridos benefician a la fauna silvestre porque expanden su distribución, incrementan su productividad, mejoran la condición corporal y reducen la mortalidad, principalmente en época seca (Rosenstock *et al.*, 1999; Mandujano-Rodríguez y Hernández, 2019). Sin embargo, cuando su disponibilidad es alta, no hay diferencias en el comportamiento de la fauna silvestre ni por sexo ni en años secos (Bello *et al.*, 2001).

Especies de interés cinético usan los agujajes, así como especies de mamíferos, aves, reptiles e insectos; y este uso depende de la calidad de su agua y de la vegetación que los circunda (McKee *et al.*, 2015). Asimismo, algunas especies han desarrollado adaptaciones fisiológicas y comportamientos para minimizar su consumo (Gedir *et al.*, 2016). Sargeant *et al.* (2014) notaron que la cercanía de fauna silvestre a los agujajes naturales o artificiales depende de las características de la vegetación, clima, elevación o humedad del suelo; según Shields *et al.* (2012) éstos aumentan la depredación, competencia y favorecen la transmisión de enfermedades.

No obstante, su uso por la fauna silvestre depende entre otros factores, de las necesidades hídricas de las especies a beneficiar, volumen y calidad del agua disponible, distancia al terreno de escape, cobertura, ubicación y vegetación circundante (Larsen *et al.*, 2011). La calidad del agua subterránea utilizada

can be of use to better understand the use of artificial water sources by wildlife and possibly increase the probability of its use.

Keywords: water quality, wildlife, adjacent vegetation, *Vachellia farnesiana*, frequency of visits.

INTRODUCTION

Water is an essential resource for organisms and its geographic distribution is not homogeneous. Wildlife species that inhabit arid and semiarid zones are the most affected by this limitation (Simpson *et al.*, 2011). During the decades of the 1940s and 1950s in the United States, the construction of artificial water sources began in order to benefit game species (Simpson *et al.*, 2011). Artificial water sources in arid environments benefit wildlife because they expand their distribution, increase their productivity, improve the body condition, and reduce the mortality, mainly during the dry season (Rosenstock *et al.*, 1999; Mandujano-Rodríguez and Hernández, 2019). However, when their availability is high, there are no differences in terms of the behavior of wildlife species by sex or in dry years (Bello *et al.*, 2001).

Game species use water sources, as well as mammals, birds, reptiles and insects; and this use depends on the quality of water and the vegetation surrounding watering sites (McKee *et al.*, 2015). Likewise, some species have developed physiological adaptations and behaviors to minimize water consumption (Gedir *et al.*, 2016). Sargeant *et al.* (2014) noted that the proximity of wildlife to natural or artificial water sources depends on the characteristics of the vegetation, climate, elevation or humidity of the soil. Shields *et al.* (2012) pointed out that artificial water sources increase depredation, competition and that they favor the transmission of diseases.

However, their use by wildlife depend, among other factors, on the water needs of the species to benefit, the volume and quality of the water available, the distance to escape terrain, cover, location and surrounding vegetation (Larsen *et al.*, 2011). The quality of the underground water in the artificial water sources of the UMAs in northern Mexico can have negative effects on wildlife populations (Rosenstock *et al.*, 1999; Selebatso *et al.*, 2018). In this regard, Rosenstock *et al.* (1999) suggested that more research should be done to understand the

en los aguajes artificiales en las UMAs del norte de México, puede tener efectos negativos sobre las poblaciones de fauna silvestre (Rosenstock *et al.*, 1999; Selebatso *et al.*, 2018). Al respecto, (Rosenstock *et al.*, 1999) sugirieron que se investigue más sobre los efectos de las fuentes de agua artificial en relación con la distribución y el uso del hábitat por las especies cinegéticas y no cinegéticas, sobre las especies y tasas de depredación de los mamíferos; sobre la calidad del agua en aguajes construidos y fuentes naturales; sobre los efectos secundarios de los aguajes en las comunidades vegetales adyacentes y sobre el impacto de ellos en la transmisión de enfermedades.

Aunque la calidad del agua, la temperatura y humedad de un sitio determinado son importantes, nuestra hipótesis es que el uso de aguajes artificiales por la fauna silvestre depende más de las características de la vegetación contigua al aguaje; de modo que, el objetivo del estudio fue relacionar la frecuencia de uso de aguajes artificiales por la fauna silvestre con sus características físicas (dimensiones y diseño), temperatura, humedad relativa, calidad del agua (características químicas del agua), y características de la vegetación adyacente en la UMA-Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se realizó de septiembre de 2017 a septiembre de 2018 en la UMA-Rancho San Juan, (26° 50' 18.68" N, 101° 2' 31.22" O y 587 m de altitud) Monclova. El área comprende 3370 ha divididas en dos exclusiones: 1) San Juan con 2340 ha, y 2) San Vicente con 1030 ha. Esta UMA se dedica a actividades cinegéticas, el trofeo principal es el venado cola blanca (*O. virginianus texanus*). El clima es BS1hw (García, 2004) con temperatura media anual de 21.6 °C, 13.6 °C en el mes más frío y 29.8 °C en el mes más caliente y precipitación media total anual de 309.6 mm (SMN, 2018). Los tipos de vegetación dominante son matorrales desérticos rosetófilos y micrófilos (Rzedowski, 1978).

Aguajes artificiales

Veinte aguajes se eligieron al azar, 10 en cada sitio (San Juan y San Vicente) y con distancias entre ellos que variaron de 0.3 a 9.7 km (Figura 1). Los aguajes tienen dimensiones y formas distintas; 15 de ellos son cilíndricos y cinco en forma de cono,

effects of the artificial water sources in relation to the distribution and habitat use by game and non-game species; on the species and depredation rates of mammals; about water quality in artificial and natural water sources; about the secondary effects of water sources in the adjacent plant communities and about their impact on the transmission of diseases.

Although the water quality, the temperature and the humidity of a specific site are important, our hypothesis is that the use of artificial water sources by wildlife depends more on the characteristics of the vegetation adjacent to the water source; therefore, the objective of the study was to relate the frequency of use of artificial water sources by wildlife with their physical characteristics (dimensions and design), temperature, relative humidity, water quality (chemical characteristics of water), and characteristics of the adjacent vegetation in the UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

Location of the study area

The study was carried out from September 2017 to September 2018 at the UMA-Rancho San Juan, (26° 50' 18.68" N, 101° 2' 31.22" W and 587 m altitude), in Monclova. The area covers 3370 ha divided into two sections: 1) San Juan with 2340 ha, and 2) San Vicente with 1030 ha. This UMA is devoted to hunting activities, and the main trophy is white-tailed deer (*O. virginianus texanus*). The climate is BS1hw (García, 2004) with mean annual temperature of 21.6 °C, 13.6 °C in the coldest month and 29.8 °C in the warmest month, and mean total annual precipitation of 309.6 mm (SMN, 2018). The dominant vegetation types are rosetophyllous and microphyllous desert shrubs (Rzedowski, 1978).

Artificial water sources

Twenty water sources were chosen randomly, 10 in each site (San Juan and San Vicente) with distances between them that varied from 0.3 to 9.7 km (Figure 1). The water sources have different dimensions and shapes: 15 of them are cylindrical and five conical, and their capacity (volume) ranges from 1.3 to 18.4 m³; 18 are made of concrete; two are plastic. The diameter, depth and width of the edge were measured with a flex meter. None of the water sources have attachments to provide artificial shade, although the wildlife obtains sun protection from the tree species that surround them.

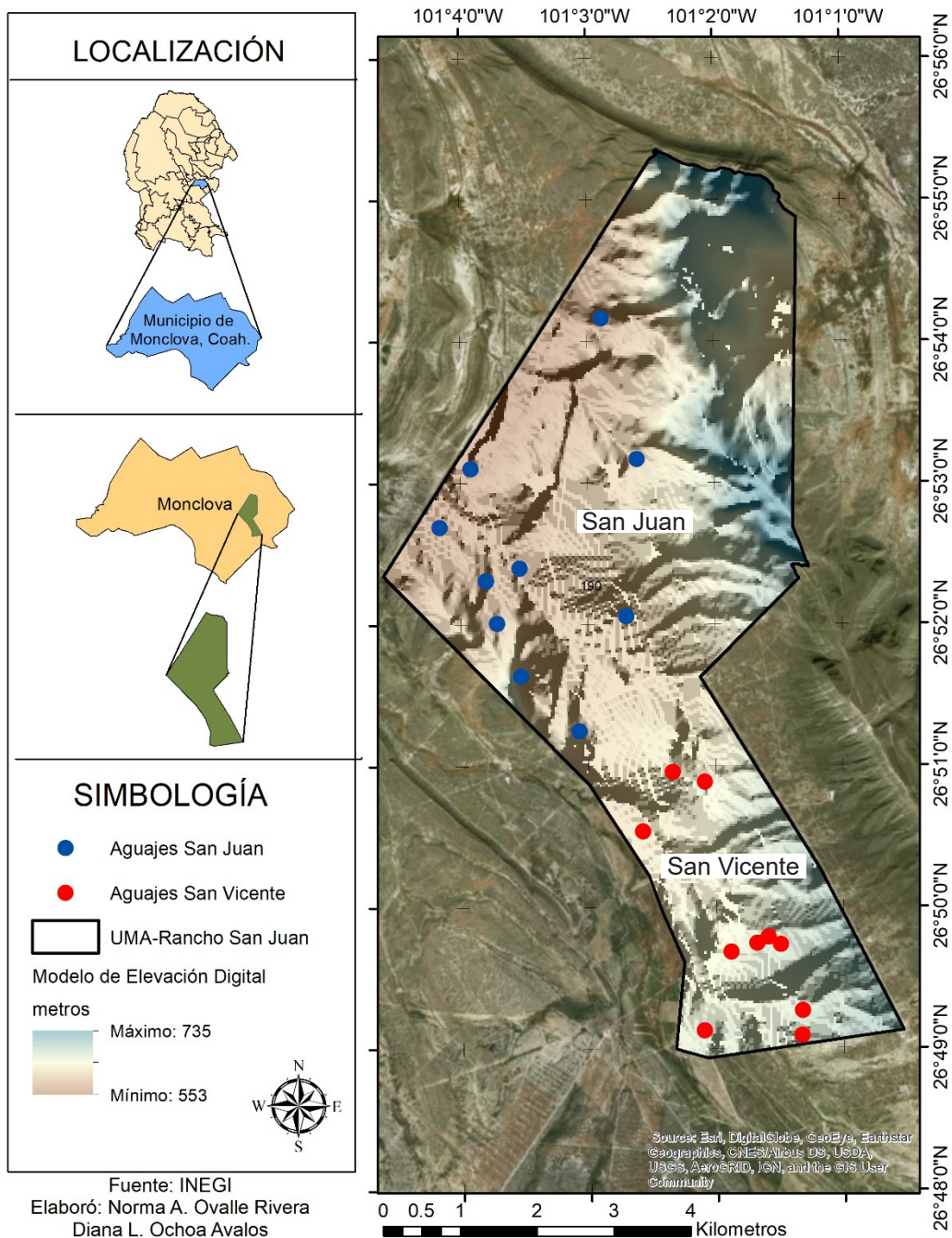


Figura 1. Localización del área de estudio y de los 20 aguajes artificiales estudiados por sitio (San Juan y San Vicente) en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México (Ovalle-Rivera, 2019).

Figure 1. Location of the study area and the 20 artificial water sources studied by site (San Juan and San Vicente) in the UMA-Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico (Ovalle-Rivera, 2019).

y su capacidad (volumen) varía entre 1.3 y 18.4 m³; 18 son de concreto; dos son de plástico. El diámetro, profundidad y ancho del bordo se midieron con un flexómetro. Ninguno de los aguajes tiene aditamentos para proporcionar sombra artificial, pero la

The wells used to fill these water sources are six, and the water is distributed by gravity. The water sources 1-2, 4-5 and 7-10 from the San Juan site are filled with well No. 4, the water sources 6 and 3 with the wells No. 5 and 6, respectively. Likewise,

fauna silvestre obtiene protección del sol por las especies arbóreas que los circundan.

La fuente de agua para el llenado de estos aguajes son seis pozos, el agua se distribuye por gravedad. Los aguajes 1-2, 4-5, y 7-10 del sitio San Juan, se llenan con el pozo No. 4, y los aguajes 6 y 3 con los pozos No. 5 y 6, respectivamente. Asimismo, los aguajes 1-10 del sitio San Vicente se llenan con los pozos No. 1, 2, y 3. Los aguajes se construyeron y se utilizan debido a la poca cantidad de lluvia en el área; su propósito principal es favorecer a las poblaciones de venado cola blanca, especie cinegética principal.

Frecuencia de visitas por fauna silvestre

En cada sitio se eligieron 10 aguajes al azar, en los cuales se colocó una cámara trampa (HC500 HyperFire Semi-Covert IR de Reconyx, Wisconsin, USA) con un sistema de detección de movimiento infrarrojo. Las cámaras estuvieron activas del 12 de septiembre de 2017 al 12 de septiembre de 2018 y se instalaron sobre postes de madera a una altura de 50 a 91 cm y una distancia al aguaje que varió de 1.5 a 5.30 m. La altura de la cámara y su distancia al aguaje, variaron en función del tamaño de cada uno de ellos. Las especies que usaron los aguajes artificiales se identificaron con las guías de campo, Field Guide to Birds of North America (Kaufman, 2005), Birds of México and Central America (Van Perlo, 2006), Aves de Coahuila (Garza de León, 2003) y Field Guide to Mammals of North America (Bowers *et al.*, 2004); además del sitio de internet Naturalista (CONABIO, 2019). La frecuencia de uso se clasificó por aguaje y por especie.

Calidad del agua

La calidad del agua de los aguajes artificiales se determinó según las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb), mercurio (Hg), plata (Ag), zinc (Zn), nitrato (N_2NO_3), nitrito (N_2NO_2), cloruro (CL), sulfato (SO_4^{2-}) y sulfuro (SO^{2-}).

En octubre de 2018, cuatro muestras de agua por aguaje se recolectaron con distinto método de preservación según los iones a evaluar. Estos métodos fueron: 1) dos muestras de 500 mL; una para evaluar contenido de As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag y Zn y otra para determinar el contenido de CL^- , N_2NO_3 y SO_4^{2-} ; y 2) dos muestras de 100 mL cada una; una para determinar el contenido de N_2NO_2 a la cual se agregaron cuatro a 10 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta alcanzar un pH de 2; la segunda fue para determinar el contenido de SO^{2-} a la cual se le agregaron cuatro gotas de acetato de zinc ($ZnC_4H_6O_4$) 2N y se envolvió en papel aluminio para evitar su contacto con la luz. Las cuatro muestras se refrigeraron hasta el momento de los análisis (DOF, 1992; DOF, 2001a; DOF, 2001b; DOF, 2008; DOF, 2014).

the water sources 1-10 from the San Vicente site are filled with wells No. 1, 2 and 3. The water sources were built and used due to the low amount of rainfall in the area, and their main purpose is to favor the populations of white-tailed deer, the main game species.

Frequency of visits by wildlife

In each site 10 water sources were chosen randomly, on which a camera trap was placed (HC500 HyperFire Semi-Covert IR from Reconyx, Wisconsin, USA) with an infrared movement detection system. The cameras were active from September 12, 2017, to September 12, 2018, and they were installed on wooden posts at a height of 50 to 91 cm and at a distance from the water source that ranged from 1.5 to 5.30 m. The height of the camera and its distance to the water source hole varied in function of the size of each of them. The species that made use of the artificial water sources were identified with the field guides: Field Guide to Birds of North America (Kaufman, 2005), Birds of Mexico and Central America (Van Perlo, 2006), Birds of Coahuila (Garza de León, 2003) and Field Guide to Mammals of North America (Bowers *et al.*, 2004), in addition to the Naturalista internet site (CONABIO, 2019). The frequency of use was classified by water source and by species.

Water quality

The water quality of artificial water sources was determined taking into account the concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), mercury (Hg), silver (Ag), zinc (Zn), nitrate (N_2NO_3), nitrite (N_2NO_2), chlorine (CL), sulfate (SO_4^{2-}) and sulfide (SO^{2-}).

In October 2018, four samples of water per water source hole were collected with different preservation method depending on the ions to be evaluated. The methods were the following: 1) two samples were of 500 mL, one to evaluate content of As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag and Zn, and another to determine the content of CL^- , N_2NO_3 and SO_4^{2-} ; and 2) two samples were 100 mL each, one was used to determine the content of N_2NO_2 to which between four and 10 drops of sulfuric acid (H_2SO_4) were added until reaching a pH of 2. The second was to determine the content of SO^{2-} to which four drops of zinc acetate ($ZnC_4H_6O_4$) 2N were added, and it was wrapped in aluminum paper to avoid contact with light. The four samples were refrigerated until the analyses (DOF, 1992; DOF, 2001a; DOF, 2001b; DOF, 2008; DOF, 2014).

The contents of N_2NO_3 , N_2NO_2 , CL^- , SO_4^{2-} and SO^{2-} were quantified in the Environmental Chemical Engineering Laboratory of the School of Chemical Sciences of the Universidad Autónoma de San Luis Potosí, according to the Mexican Norms

Los contenidos de N_2NO_3 , N_2NO_2 , Cl^- , SO_4^{2-} y SO_2^{2-} se cuantificaron en el Laboratorio de Ingeniería Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, de acuerdo con las Normas Mexicanas para Análisis de Agua correspondientes (DOF, 1992; DOF, 2001a; DOF, 2001b; DOF, 2008; DOF, 2014).

Los iones restantes (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag y Zn) se analizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica, en el Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. La preparación de cada muestra consistió en eliminar la materia orgánica, agregar 2.5 mL de ácido nítrico concentrado a un matraz de 50 mL y aforar con la muestra. Las muestras se depositaron en tubos Falcon, los cuales se etiquetaron y se esterilizaron en una autoclave a 121 °C, 21 libras de presión por 15 min. Las muestras se analizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (Aurora Instruments, Modelo AI-1200, Serie 1200-050116) con los estándares de referencia comerciales de la marca Karal para las curvas de calibración, en las cuales se utilizaron de 5 a 7 puntos de calibración.

Vegetación

Las características de la vegetación circundante a los aguajes se determinaron en parcelas circulares de 7 m de radio (Solís y Gutiérrez, 1990), medidas desde la base periférica del aguaje. En cada uno de ellos se contaron los individuos de cada especie vegetal. A los individuos con altura igual o mayor a 2 m se les midió su diámetro mayor, menor y altura con una cinta métrica de 50 m (marca Truper). Además, cada especie vegetal se identificó con guías y claves especializadas (Alanís-Flores, 1996, Villarreal, 2001).

Análisis estadísticos

Para identificar diferencias significativas entre los iones medidos en el agua por aguaje, se usó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p \leq 0.05$) en el software InfoStat®. Y para conocer el grado de asociación entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes y las variables evaluadas (X_i ; $n=57$) se realizó un análisis de regresión Poisson. En el estudio se tomaron en cuenta 57 variables clasificadas así: 1) físicas del aguaje ($n=6$; diámetro, profundidad, capacidad-volumen, ancho del bordo, material de construcción y visibilidad); 2) temperatura ($n=8$; mínima y máxima por estación); 3) humedad relativa ($n=8$; mínima y máxima por estación); 4) calidad del agua ($n=13$; N_2NO_3 , N_2NO_2 , Cl^- , SO_4^{2-} , SO_2^{2-} , As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag y Zn); y 5) vegetación ($n=22$; diámetro mayor, diámetro menor y altura de cada especie y la presencia de 19 especies vegetales).

Respecto a la identificación de cuáles variables evaluadas se asocian más con la frecuencia de uso de los aguajes por la fauna

for the corresponding water analysis (DOF, 1992; DOF, 2001a; DOF, 2001b; DOF, 2008; DOF, 2014).

The other ions (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag and Zn) were analyzed in an atomic absorption spectrophotometer, in the Water, Soil and Plant Laboratory of Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. The preparation of each sample consisted in eliminating the organic matter, adding 2.5 mL of concentrated nitric acid to a 50 mL flask and diluting with the sample. The samples were deposited in Falcon tubes, which were labeled and sterilized in an autoclave at 121 °C, 21 pounds of pressure for 15 min. The samples were analyzed in an atomic absorption spectrophotometer (Aurora Instruments, Model AI-1200, Series 1200-050116) with the commercial reference standards of the Karal brand for the calibration curves, in which 5 to 7 calibration points were used.

Vegetation

The characteristics of the vegetation adjacent to the water sources were determined in circular plots with 7 m radius (Solís and Gutiérrez, 1990), measured from the peripheral base of the water source. The individuals from each plant species were counted in each of them. Individuals with height equal or greater than 2 m were measured in their higher diameter, lower diameter and height with a measuring tape of 50 m (Truper brand). Likewise, each plant species was identified with specialized guides and keys (Alanís-Flores, 1996, Villarreal, 2001).

Statistical analyses

To identify the significant differences between the ions measured in the water per water source, a non-parametric Kruskal-Wallis test ($p \leq 0.05$) was used with InfoStat® software. And to understand the degree of association between the frequency of visits by wildlife to water sources and the variables evaluated, a Poisson regression analysis was conducted (X_i ; $n=57$). In the study 57 variables were taken into account classified as: 1) physical of the water sources ($n=6$; diameter, depth, capacity-volume, width of the edge, construction material and visibility); 2) temperature ($n=8$; minimum and maximum by station); 3) relative humidity ($n=8$; minimum and maximum by station); 4) water quality ($n=13$; N_2NO_3 , N_2NO_2 , Cl^- , SO_4^{2-} , SO_2^{2-} , As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag and Zn); and 5) vegetation ($n=22$; higher diameter, lower diameter and height of each species, and presence of 19 plant species).

Regarding the identification of which of the variables evaluated are associated more with the frequency of use of water sources by the wildlife in the UMA Rancho San Juan, San Juan site and San Vicente site, a Poisson regression analysis was performed (González-Oreja, 2003), with generalized linear

silvestre en la UMA Rancho San Juan, sitio San Juan y sitio San Vicente, se realizó un análisis de regresión Poisson (González-Oreja, 2003), con modelos lineales generalizados; un procedimiento de selección de variables por pasos (stepwise) y, como medida de bondad de ajuste al modelo, el criterio del Mínimo Akaike; los coeficientes estadísticos significativos se obtuvieron con $p \leq 0.05$ [$\Pr(>|z|)$].

Para la representación gráfica de la relación entre la frecuencia de visitas y las variables que obtuvieron una asociación mayor en el análisis del coeficiente de regresión *Poisson*, se realizó un análisis de correspondencias múltiples (ACM). Para ello, cada variable se identificó con las dos primeras letras de su nombre y se clasificó con una letra b=bajo, m=medio o a=alto. Este análisis se realizó en el software Xlstat®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frecuencia de visitas por fauna silvestre

En toda la UMA, se obtuvieron 23, 466 registros independientes y se identificaron 54 especies (14 especies de mamíferos y 40 especies de aves) que usan los aguajes artificiales. Las especies con mayor frecuencia de visitas a los aguajes artificiales fueron: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, 32.8%), mapache (*Procyon lotor*, 18.9%), pecarí (*Pecari tajacu*, 8.29%), zopilote aura (*Cathartes aura*, 6.3%), correcaminos (*Geococcyx californianus*, 5.8%), zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*, 3.7%), coyote (*Canis latrans*, 3.7%), huilota (*Zenaida macroura*, 3.5%), cuervo (*Corvux corax*, 3.0%) y codorniz escamosa (*Callipepla squamata*, 2.7%).

Para realizar el análisis de correspondencia, esta frecuencia de uso se agrupó por aguaje y se clasificó en tres categorías: 1) frecuencia alta (2401-3400), 2) frecuencia media (1401-2400) y frecuencia baja (400-1400).

Calidad del agua

En el área de estudio, las características químicas del agua en cada aguaje varían por la manera en que la fauna silvestre hace uso de ellos. Por ejemplo, es posible que los animales, además de consumir el agua, ingresen al aguaje para refrescarse y depositen heces y orina que contaminan el agua con patógenos (Umar *et al.*, 2014).

En este estudio, los contenidos de los iones evaluados en cada aguaje fueron distintos con excepción

de modelos; a stepwise variable selection procedure was done, and the Minimum Akaike criterion was used as a measure of goodness of fit to the model; the significant statistical coefficients were obtained with $p \leq 0.05$ [$\Pr(>|z|)$].

For the graphic representation of the relationship between the frequency of visits and the variables that obtained a higher association in the analysis of the Poisson regression coefficient, a multiple correspondence analysis (MCA) was carried out. For this purpose, each of the variables was identified with the first two letters of its name and classified with a letter b=low, m=medium, or a=high. This analysis was done with the Xlstat® software.

RESULTS AND DISCUSSION

Frequency of visits by wildlife

In the entire UMA, 23, 466 independent records were obtained and 54 species were identified (14 species of mammals and 40 species of birds) to use the artificial water sources. The species that had higher frequency of visits to the artificial water sources were: white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*, 32.8%), raccoon (*Procyon lotor*, 18.9%), peccary (*Pecari tajacu*, 8.29%), turkey vulture (*Cathartes aura*, 6.3%), roadrunner (*Geococcyx californianus*, 5.8%), grey fox (*Urocyon cinereoargenteus*, 3.7%), coyote (*Canis latrans*, 3.7%), mourning dove (*Zenaida macroura*, 3.5%), raven (*Corvux corax*, 3.0%) and scaled quail (*Callipepla squamata*, 2.7%).

To carry out the correspondence analysis, this frequency of use was grouped by water source and classified into three categories: 1) high frequency (2401-3400), 2) intermediate frequency (1401-2400) and low frequency (400-1400).

Water quality

In the study area, the chemical characteristics of water in each water source vary based on the way that wildlife makes use of them. For example, it is possible that animals, in addition to consuming water, enter the water source to cool down and deposit feces and urine that contaminate the water with pathogens (Umar *et al.*, 2014).

In this study, the contents of ions evaluated in each water source were different with exception of Hg (Table 1 and 2). The anions with greatest variation between sites and water sources were Cl⁻,

del Hg (Cuadro 1 y 2). Los aniones con variación mayor entre sitios y aguajes fueron Cl⁻, SO₄²⁻, SO₄²⁻, N₂-NO₃ y N₂-NO₂. Sin embargo, el análisis Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas (p=0.77) entre sus contenidos en el agua por aguaje.

En esta investigación, debido a que México no cuenta con normas que establezcan los parámetros de la calidad del agua para la fauna silvestre, para contrastar la calidad del agua se utilizaron las guías de campo usadas para evaluar la calidad del agua para ganado (Olkowski, 2009; Luque 2000). De acuerdo con Olkowski (2009) y Luque (2000), los contenidos de SO₄²⁻ (Cuadro 1) y Hg (Cuadro 2) rebasaron los límites permisibles.

Los contenidos de As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻ sobrepasaron los límites permisibles en el agua de los aguajes artificiales. El arsénico provoca parálisis, convulsiones, diarreas, pérdida de apetito; el cadmio causa

SO₄²⁻, SO₄²⁻, N₂-NO₃ and N₂-NO₂. However, the Kruskal-Wallis analysis did not indicate significant differences (p=0.77) between the water contents per water source.

In this study, because Mexico does not have norms that establish the parameters of water quality for wildlife, to contrast water quality, field guides to evaluate the water quality for livestock were used (Olkowski, 2009; Luque 2000). According to Olkowski (2009) and Luque (2000), the contents of SO₄²⁻ (Table 1) and Hg (Table 2) exceeded the permissible limits.

The contents of As, Cd, Hg, Cl⁻ and SO₄²⁻ exceeded the permissible limits in the water of artificial water sources. Arsenic causes paralysis, convulsions, diarrhea, loss of appetite; cadmium causes anemia, abortions, birth defects, higher mortality. Mercury promotes ataxia, abnormal walk, muscular weakness,

Cuadro 1. Resultados de análisis de agua (mg L⁻¹) de los aguajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y límites permisibles (mg L⁻¹) en tres normas para ganado doméstico.

Table 1. Results from water analyses (mg L⁻¹) of artificial water sources in the UMA-Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico and permissible limits (mg L⁻¹) in three norms for domestic livestock.

	Aguaje	Cl ⁻	Aniones medidos (mg L ⁻¹)			SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻
			N ₂ -NO ₃	N ₂ -NO ₂			
San Juan	1	510.28	14.86	0.05	1427	3.76	
	2	226.38	6.31	0.01	627.2	0.96	
	3	2687	19.14	0.04	3445	4	
	4	53.81	3.55	0.06	300.5	0.4	
	5	186.37	10.27	0.07	673.5	0.98	
	6	343.93	8.71	0.05	1208.7	1.48	
	7	173.96	9.53	0.01	654.5	0.41	
	8	231.95	14.05	0.063	482	0.98	
	9	347.92	14.3	0.025	656	0.88	
	10	338.65	10.08	0.007	614	1.06	
San Vicente	1	248.18	12.44	0.12	2576	1.2	
	2	487.09	7.4	0.02	1594	0.88	
	3	1971.57	40.37	0.035	4080	0.9	
	4	672.65	11.3	0.034	3577	1.8	
	5	960.27	8.63	0.006	1610	1.48	
	6	1762.81	5.06	0.07	1497	0.5	
	7	2041.15	5.75	0.035	2605	3.6	
	8	120.61	3.18	0.03	361	0.3	
	9	120.67	2.16	0.045	450	0.7	
	10	294.58	9.38	0.042	1231.5	1.4	
			Límites permisibles (mg L ⁻¹)				
	Puls (1988)	< 1000	†	†	< 500	†	
	Luque (2000)	7000	100	10	1000	†	
	Olkowski (2009)	†	23	3	1000	†	

†Dato no disponible. ❖ Unavailable data.

Cuadro 2. Resultados de análisis de agua (mg L⁻¹) de los aguajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg L⁻¹) en tres normas para ganado doméstico.
Table 2. Results from water analyses (mg L⁻¹) of artificial water sources in the UMA-Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico, and their permissible limits (mg L⁻¹) in three norms for domestic livestock.

	Aguaje	Cationes medidos (mg L ⁻¹)							
		Ag	As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Zn
San Juan	1	0.236	0.206	0.064	1.4 E-5	0.035	0.031	0.009	0.018
	2	0.237	0.196	0.065	7.0 E-6	0.034	0.031	0.009	0.028
	3	0.236	0.206	0.073	2.1 E-5	0.034	0.031	0.01	0.028
	4	0.236	0.196	0.082	2.1 E-5	0.034	0.031	0.01	0.024
	5	0.24	0.199	0.06	7.0 E-6	0.034	0.031	0.009	0.026
	6	0.24	0.203	0.07	1.4 E-5	0.035	0.031	0.008	0.028
	7	0.242	0.206	0.079	4.2 E-5	0.034	0.031	0.008	0.025
	8	0.239	0.203	0.059	5.6 E-5	0.035	0.031	0.008	0.024
	9	0.236	0.196	0.068	5.6 E-5	0.035	0.031	0.009	0.027
	10	0.237	0.206	0.054	2.1 E-5	0.035	0.031	0.009	0.026
San Vicente	1	0.237	0.243	0.057	7.0 E-6	0.035	0.031	0.009	0.026
	2	0.237	0.266	0.056	2.8 E-5	0.034	0.031	0.009	0.047
	3	0.237	0.219	0.066	6.3 E-5	0.036	0.031	0.009	0.032
	4	0.238	0.216	0.075	3.5 E-5	0.037	0.031	0.009	0.025
	5	0.237	0.243	0.06	< al LC	0.034	0.031	0.009	0.025
	6	0.237	0.153	0.069	< al LC	0.034	0.031	0.009	0.026
	7	0.237	0.323	0.077	7.0 E-6	0.034	0.031	0.009	0.025
	8	0.237	0.183	0.067	5.6 E-5	0.034	0.031	0.009	0.024
	9	0.237	0.206	0.065	4.2 E-5	0.034	0.031	0.009	0.025
	10	0.237	0.209	0.071	1.4 E-5	0.034	0.031	0.009	0.026
		Límites permisibles (mg L ⁻¹)							
Puls (1988)		†	< 0.05	< 0.01	< 1.0	< 0.04	†	< 0.05	< 5.0
Luque (2000)		†	0.15-0.20	†	†	†	0.01	†	†
Olkowski (2009)		0.05 [‡]	0.025	0.08	0.5-5.0	†	0.03	0.1	50

†Dato no disponible; ‡Límite permisible recomendado para caballos. ♦ †Unavailable data; ‡ Permissible limit recommended for horses.

anemia, abortos, nacimientos con defectos, aumento de mortalidad. El mercurio promueve la ataxia, marcha anormal, debilidad muscular, temblores; y el sulfato provoca un consumo de agua reducido (Puls, 1988; NRC, 2007).

De los 13 iones medidos, cinco sobrepasan los límites permisibles (As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻) en algunos aguajes y a pesar de no existir diferencias significativas entre los contenidos de estas variables químicas en toda la UMA, el agua proveniente de los pozos 2, 3 y 6 presentó los contenidos de As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻ mayores. Sin embargo, en aguajes naturales y artificiales del Desierto Sonorense en el sureste de Arizona y California (Rosenstock *et al.*, 2005) y sureste de California, EUA (Bleich *et al.*, 2006), así como en aguajes naturales de Baja California, México

tremors; and sulfate provokes a reduced water consumption (Puls, 1988; NRC, 2007).

Of the 13 ions measured, five exceed the permissible limits (As, Cd, Hg, Cl⁻ and SO₄²⁻) in some water sources and although no significant differences were found between the contents of these chemical variables in the entire UMA, the water from wells 2, 3 and 6 presented the highest contents of As, Cd, Hg, Cl⁻ and SO₄²⁻. However, in natural and artificial water sources of the Sonoran Desert in southeastern Arizona and California (Rosenstock *et al.*, 2005) and southeastern California, USA (Bleich *et al.*, 2006), as well as in natural water sources in Baja California, Mexico (Escobar-Flores *et al.*, 2016), the water quality components did not represent a risk for the health of wildlife.

(Escobar-Flores *et al.*, 2016), los componentes de la calidad del agua no representaron riesgo para la salud de la fauna silvestre.

Vegetación

En la UMA - Rancho San Juan se encontraron 19 especies vegetales. De ellas, 17 se localizaron en el sitio San Juan y 15 en San Vicente. Algunas especies solo se encontraron en alguno de los dos sitios (Cuadro 3). En San Juan las especies más frecuentes fueron sangre de drago y mezquite, en San Vicente el maguey, lechuguilla, hojasén y chaparro prieto, y en toda la UMA fueron el maguey lechuguilla, sangre de drago y mezquite.

De las especies vegetales circundantes a los aguajes, el mezquite y chaparro prieto proporcionan protección y echaderos para venados (Mandujano *et al.*, 2014); el cenizo, la gobernadora, algunas especies del género *Vachellia* spp. y *Opuntia* spp. (Olivas-Sánchez *et al.*, 2015) forman parte de su dieta. Larsen *et al.* (2011) recomiendan que en la construcción de aguajes artificiales se considere la especie a beneficiar y la vegetación circundante.

Vegetation

In the UMA - Rancho San Juan, 19 plant species were found; of these, 17 were located in the San Juan site and 15 in San Vicente. Some species were only found in one of the two sites (Table 3).

In San Juan, the most frequent species were *sangre de drago* and mesquite, in San Vicente maguey, *lechuguilla*, *hojasén* and *chaparro prieto*, and in the entire UMA, maguey *lechuguilla*, *sangre de drago* and mesquite.

Of plant species surrounding the water sources, mesquite and *chaparro prieto* provide protection and resting areas for deer (Mandujano *et al.*, 2014); *cenizo*, *gobernadora*, some species of the genus *Vachellia* spp. and *Opuntia* spp. (Olivas-Sánchez *et al.*, 2015) are part of deer diet. Larsen *et al.* (2011) recommend that prior to the construction of artificial water sources, the species to benefit and the surrounding vegetation need to be considered.

Poisson regression coefficient

The Poisson regression analysis (PRA) for the UMA Rancho San Juan identified an association

Cuadro 3. Frecuencia relativa de especies vegetales que circundan los aguajes artificiales por sitio (San Juan y San Vicente) y en la UMA - Rancho San Juan, Coahuila, México.

Table 3. Table 3. Relative frequency of plant species adjacent to the artificial water sources per site (San Juan and San Vicente) and in the UMA - Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico.

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia relativa		
		San Juan	San Vicente	UMA
<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Mezquite	19.27	8.31	11.9
<i>Rhamnus humboldtiana</i> (Schult.) Zuc.	Cacachila	2.79	0.82	1.47
<i>Larrea tridentata</i> (Moç. y Seseé ex DC.) Coville	Gobernadora	7.82	0.82	3.11
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight y Arn.	Huizache	1.4	1.91	1.74
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber	Nopal rastrero	13.69	4.22	7.33
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Maguey lechuguilla	11.17	37.33	28.75
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Sangre de drago	30.73	8.31	15.66
<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies y Hook.) Tronc	Vara dulce	1.12	6.13	4.49
<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.	Cenizo	0.28	0	0.09
<i>Tamarix gallica</i> Linneo	Taray	1.96	0	0.64
<i>Schinus molle</i> Linneo	Pirul	0	0.27	0.18
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm	Ocotillo	0.56	0	0.18
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M.Knuth	Tasajillo	1.68	0	0.55
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	Candelilla	0.56	0.54	0.55
<i>Flourensia cernua</i> DC.	Hojasén	0.56	11.31	7.78
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler y Ebinger	Chaparro prieto	0	10.49	7.05
<i>Yucca</i> sp. Linneo	Yucca	4.75	0.68	2.01
<i>Agave</i> sp. Linneo	Agave	0.84	2.04	1.65
<i>Mammillaria</i> sp. Haw.	Biznagas	0.84	0.14	0.37

Coefficiente de regresión Poisson

El análisis de regresión Poisson (ARP) identificó para la UMA Rancho San Juan una asociación entre la frecuencia de visitas (Y) con 11 de las 57 variables evaluadas (Cuadro 4) y un valor de ajuste al modelo (AIC)=216.35. Las tres primeras variables fueron presencia de huizache, lechuguilla y altura de la vegetación circundante.

En el sitio San Juan la frecuencia de visitas se asoció con seis variables de las 57 variables evaluadas, con un (AIC=590.88). Las tres con mayor relevancia fueron también huizache, lechuguilla y la altura de la vegetación circundante (Cuadro 5).

En el sitio San Vicente la frecuencia de visitas a los aguajes artificiales se asoció con siete de las 57 variables evaluadas y un valor de ajuste al modelo

between the frequency of visits (Y) with 11 of the 57 variables evaluated (Table 4) and an adjustment value to the model (AIC)=216.35. The first three variables were presence of sweet acacia, *lechuguilla* and height of the surrounding vegetation.

In the San Juan site, the frequency of visits was associated to six variables of the 57 variables evaluated, with an AIC=590.88; the three with highest relevance were also sweet acacia, *lechuguilla* and height of the surrounding vegetation (Table 5).

In San Vicente site, the frequency of visits to artificial water sources was associated with seven of the 57 variables evaluated and an adjustment value to the model (AIC=110.71). As in the entire UMA and the San Juan site, the three main variables were the presence of sweet acacia, *lechuguilla* and height of the surrounding vegetation (Table 6).

Cuadro 4. Resultados del ARP para la asociación entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes artificiales y 11 variables evaluadas en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.

Table 4. Results from the PRA for the association between the frequency of visits by wildlife to artificial water sources and 11 variables evaluated in the UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico.

Variables	Estimado	Error estándar	Valor z	Pr(> z)
(Intercepto)	-207.854	5.369	-38.71	<2e-16
<i>Vachellia farnesiana</i>	8.942	0.302	29.61	<2e-16
<i>Agave lechuguilla</i>	-0.860	0.022	-38.74	<2e-16
Altura de la vegetación circundante	51.599	1.365	37.81	<2e-16
Ancho de bordo del aguaje	-223.850	6.026	-37.15	<2e-16
Arsénico	825.880	22.249	37.12	<2e-16
Cadmio	1829.987	45.727	40.02	<2e-16
Cloruros	0.010	0.000	34.61	<2e-16
Diámetro del aguaje	-7.366	0.234	-31.44	<2e-16
Diámetro mayor de las especies vegetales	-6.811	0.161	-42.29	<2e-16
Diámetro menor de las especies vegetales	-1.182	0.042	-28.45	<2e-16
Hierro	-4839.110	134.764	-35.91	<2e-16

Cuadro 5. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes artificiales y seis variables evaluadas en el sitio San Juan, Coahuila, México.

Table 5. Results of the PRA between the frequency of visits by wildlife to artificial water sources and six variables evaluated in the San Juan site, Monclova, Coahuila, Mexico.

Variables	Estimado	Error estándar	Valor z	Pr(> z)
(Intercepto)	-8.4794475	0.5336126	-15.891	< 2e-16
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.0437803	0.0154629	2.831	0.00464
<i>Agave lechuguilla</i>	-0.0060367	0.0009289	-6.499	8.11E-11
Altura de la vegetación Circundante	0.7699156	0.0433338	17.767	< 2e-16
Ancho del bordo del aguaje	-5.2920553	0.3875362	-13.656	< 2e-16
Arsénico	53.5221313	2.466268	21.702	< 2e-16
Cadmio	51.9474357	1.6052422	32.361	< 2e-16

Cuadro 6. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes artificiales y siete variables evaluadas en el sitio San Vicente, Coahuila, México.**Table 6. Results of the PRA between the frequency of visits of wildlife to artificial water sources and seven variables evaluated in the San Vicente site, Monclova, Coahuila, Mexico.**

Variables	Estimado	Error estándar	Valor z	Pr(> z)
(Intercepto)	-21.24801	0.71179	-29.851	< 2e-16
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.08249	0.01661	4.965	6.856E-07
<i>Agave lechuguilla</i>	0.03027	0.00156	19.402	< 2e-16
Altura de la vegetación Circundante	0.18863	0.03368	5.601	2.13E-08
Ancho del bordo del aguaje	-7.79855	0.34525	-22.588	< 2e-16
Arsénico	126.61556	3.52293	35.94	< 2e-16
Capacidad del aguaje (volumen)	0.32092	0.01531	20.958	< 2e-16
Cadmio	31.28166	1.67903	18.631	< 2e-16

(AIC=110.71). Al igual que en toda la UMA y sitio San Juan, las tres variables principales fueron la presencia de huizache, lechuguilla y la altura de la vegetación circundante (Cuadro 6).

En este estudio, la frecuencia de visitas mayor a los aguajes correspondió al venado cola blanca (*O. virginianus*), mapache (*P. lotor*), pecarí (*P. tajacu*), zopilote aura (*C. aura*) y correcominos (*G. californianus*). La frecuencia de uso por el venado es probable que se relacione con la presencia del huizache en la vegetación circundante, porque esa especie forma parte de su dieta (Olivas-Sánchez *et al.*, 2015).

La variable altura de la vegetación se relaciona con el grado de visibilidad para las especies que utilizan los aguajes artificiales en el área de estudio. Al respecto, la cantidad y calidad de la vegetación cercana a los aguajes, son determinantes en el uso de ellos (Mckee *et al.*, 2015).

El contenido de As también se relacionó con la frecuencia de visitas. Este mineral, en algunos casos, sobrepasó los límites permisibles, lo que puede provocar afectaciones en la salud de los animales (Puls, 1988).

Análisis de correspondencias múltiples

El análisis de regresión Poisson (ARP) señaló la asociación de la frecuencia de visitas con 11 de las 57 variables evaluadas en el área de estudio (Cuadro 7). Para realizar el análisis de correspondencias múltiples (ACM), estas variables se identificaron y clasificaron en tres niveles de frecuencia (alto, medio o bajo).

El análisis de correspondencias múltiples (ACM), para la UMA, señaló una asociación entre

In the study, the highest frequency of visits to water sources corresponds to the white-tailed deer (*O. virginianus*), raccoon (*P. lotor*), peccary (*P. tajacu*), turkey vulture (*C. aura*) and roadrunner (*G. californianus*). The frequency of use by deer is probably related to the presence of sweet acacia in the surrounding vegetation, because this species is part of their diet (Olivas-Sánchez *et al.*, 2015).

The variable of height of the vegetation is related to the degree of visibility for the species that use artificial water sources in the study area. In this regard, it has been shown that the amount and the quality of the vegetation near the water sources are decisive in their use (Mckee *et al.*, 2015).

The content of As is also related to the frequency of visits. This mineral, in some cases, exceeded the permissible limits, which can cause affectations in the health of animals (Puls, 1988).

Multiple correspondence analysis

The Poisson regression analysis (PRA) pointed the association of the frequency of visits with 11 of the 57 variables evaluated in the study area (Table 7). To carry out the multiple correspondence analysis (MCA), these variables were identified and classified in three levels of frequency (high, medium or low).

The multiple correspondence analysis (MCA) for the UMA identified an association between the high frequency of visits (2401=3400 visits) and the width of the water source edge low, and in lower proportion with the low diameter of the water source. The medium frequency of visits (1401-2400) was related to low presence of *lechuguilla*, high presence

Cuadro 7. Variables asociadas a la frecuencia de visitas de fauna silvestre a los aguajes artificiales en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México, con sus abreviaturas por niveles e identificación en el ACM.

Table 7. Variables associated to the frequency of visits of wildlife to artificial water sources in the UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico, with their abbreviations by levels of identification in the MCA.

Variable	Niveles		
	Alto	Medio	Bajo
Frecuencia de visitas	Freca	frecm	frecb
<i>Vachellia farnesiana</i>	vacfara	vacfarm	vacfarb
<i>Agave lechuguilla</i>	agaleca	agalecm	agalecb
Diámetro mayor de la vegetación	dmmaa	dmmam	dmmab
Diámetro menor de la vegetación	dmmea	dmmem	dmmeb
Altura de la vegetación	alta	altm	altb
Diámetro del aguaje	diaa	diam	diab
Ancho del bordo del aguaje	anbora	anborm	anborb
Capacidad del aguaje (volumen)	capa	capm	capb
Arsénico (As)	asa	asm	asb
Cadmio (Cd)	cda	cdm	cdb
Hierro (Fe)	fea	fem	feb
Cloruros (Cl ⁻)	clora	clorm	clorb

Freca = frecuencia alta (2401-3400); Frecm = frecuencia media (1401-2400); Frecb = frecuencia baja (400-1400). ♦ Freca = high frequency (2401-3400); Frecm = medium frequency (1401-2400); Frecb = low frequency (400-1400).

la frecuencia de visitas alta (2401=3400 visitas) y el ancho de bordo del aguaje bajo y en menor proporción con el diámetro del aguaje bajo. La frecuencia de visitas media (1401-2400) se relacionó con la presencia de lechuguilla baja, presencia de huizache alta y diámetro de aguaje alto. Por último, cuando se presentó una frecuencia de visitas baja (400-1400), esta se asoció con la presencia de huizache baja y el contenido de cadmio medio (Figura 2).

En San Juan, con el ACM se encontró que la frecuencia de visitas alta (2401-3400) se relacionó con el ancho de bordo del aguaje bajo. En los aguajes donde se registró una frecuencia de visitas media (1401=2400), esta se asoció con el contenido de As bajo y la presencia de huizache baja. La frecuencia de visitas baja (400-1400) se relacionó con el de Cd bajo y la presencia de lechuguilla baja (Figura 3).

En San Vicente no se registró frecuencia de visitas alta, por lo que en el ACM sólo se observa la conformación de dos grupos (frecuencia de visitas media y baja). La frecuencia de visitas media (1401-2400) se relacionó con el ancho de bordo medio y la frecuencia de visitas baja (400-1400) se asoció con contenido de Cd medio y con la presencia de huizache baja (Figura 4).

of sweet acacia, and high diameter of water source. Lastly, when a low frequency of visits (400-1400) was found, it was associated with the low presence of sweet acacia and the medium content of cadmium (Figure 2).

In San Juan, with the MCA it was found that the high frequency of visits (2401-3400) was related to the width of the water source low. In the water sources where a medium frequency of visits (1401-2400) was found, it was related to the low content of As and the low presence of sweet acacia. The low frequency of visits (400-1400) was associated to low Cd and low presence of *lechuguilla* (Figure 3).

In San Vicente a high frequency of visits was not found; for this reason, in the MCA only the conformation of two groups is observed (medium and low frequency of visits). The medium frequency of visits (1401-2400) was associated to the medium width of the edge and the low frequency of visits (400-1400) was associated to medium content of Cd and low presence of sweet acacia (Figure 4).

The variables that were associated with the frequency of visits were classified into: 1) physical characteristics of the water source (dimension and design), 2) adjacent vegetation, and 3) water quality.

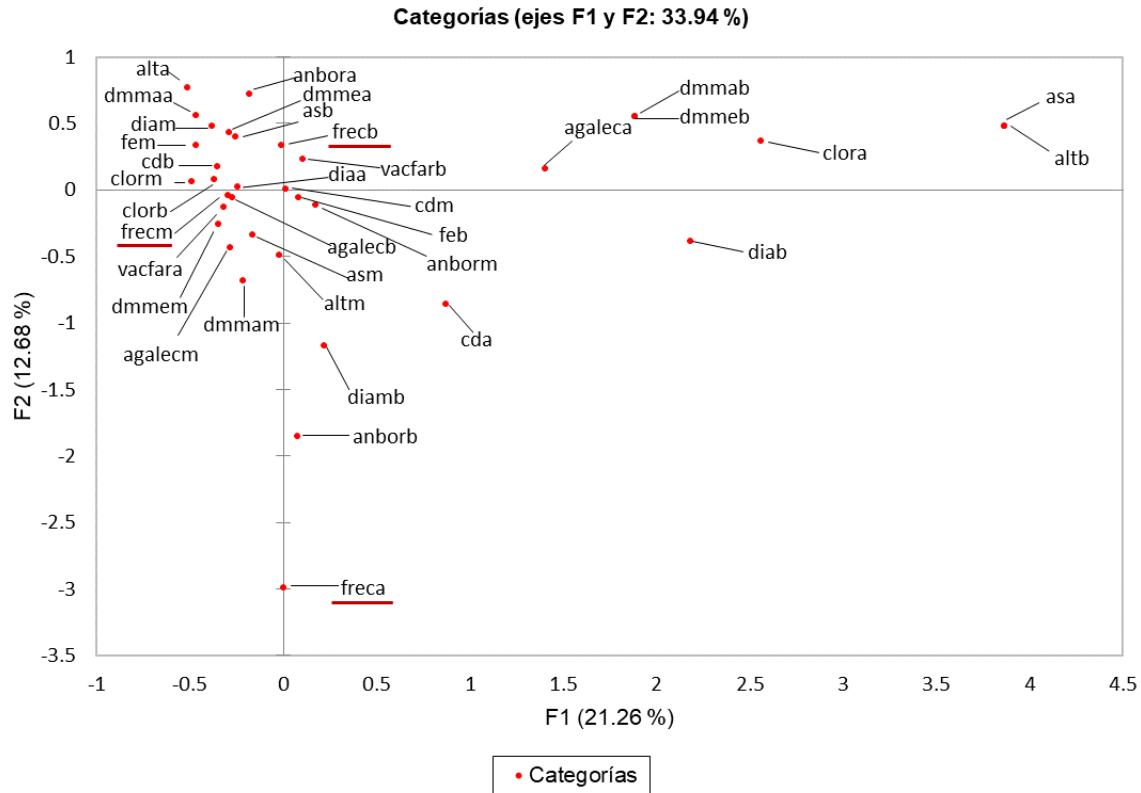


Figura 2. Resultado del ACM (Análisis de Correspondencias Múltiples) donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujeros artificiales en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.
Figure 2. Result of the MCA (Multiple Correspondence Analysis) where the variables most related to the frequency of visits by wildlife to artificial water sources are shown for the UMA Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, Mexico.

Las variables relacionadas con la frecuencia de visitas se clasifican en: 1) características físicas del agujero (dimensión y diseño), 2) vegetación aledaña, y 3) calidad del agua. La variable borde del agujero pertenece al grupo 1, y esta se relacionó en sus niveles bajo (1-10 cm) y medio (11-20 cm) con la frecuencia de visitas alta y media, respectivamente; y el diámetro del borde (3-9 m) con la frecuencia de visitas media. Esto puede indicar que la fauna silvestre usó más los agujeros en función de su acceso a los mismos; si embargo, su utilización se mantiene.

En cuanto a las variables de la vegetación aledaña, la frecuencia de visitas se relacionó con la presencia de huizache y a mayor presencia de esta planta, la frecuencia de visitas fue mayor. Este comportamiento sugeriría que la frecuencia de visitas aumenta en función de la cantidad de vegetación que rodea a los agujeros (Lynn *et al.*, 2006). La calidad del agua es un factor controversial; aunque no está comprobado que

The variable edge of the water source belongs to group 1, and it was related in its low (1-10 cm) and medium (11-20) levels to high and medium frequency of visits, respectively, and the diameter of the edge (3-9 m) with medium frequency of visits. This could indicate that wildlife used water sources more depending on access to them.

Regarding the variables of the surrounding vegetation, we found that the frequency of visits was related to the presence of sweet acacia: the greater the presence of this plant, the greater the frequency of visits. This behavior would suggest that the frequency of visits increases in function of the amount of vegetation that surrounds the water sources (Lynn *et al.*, 2006). The quality of the water is a controversial factor, although it has not been proven that it is related to the use of the water source or with disease or wildlife mortality events (Simpson *et al.*, 2011). In this study, two elements with low intervals of

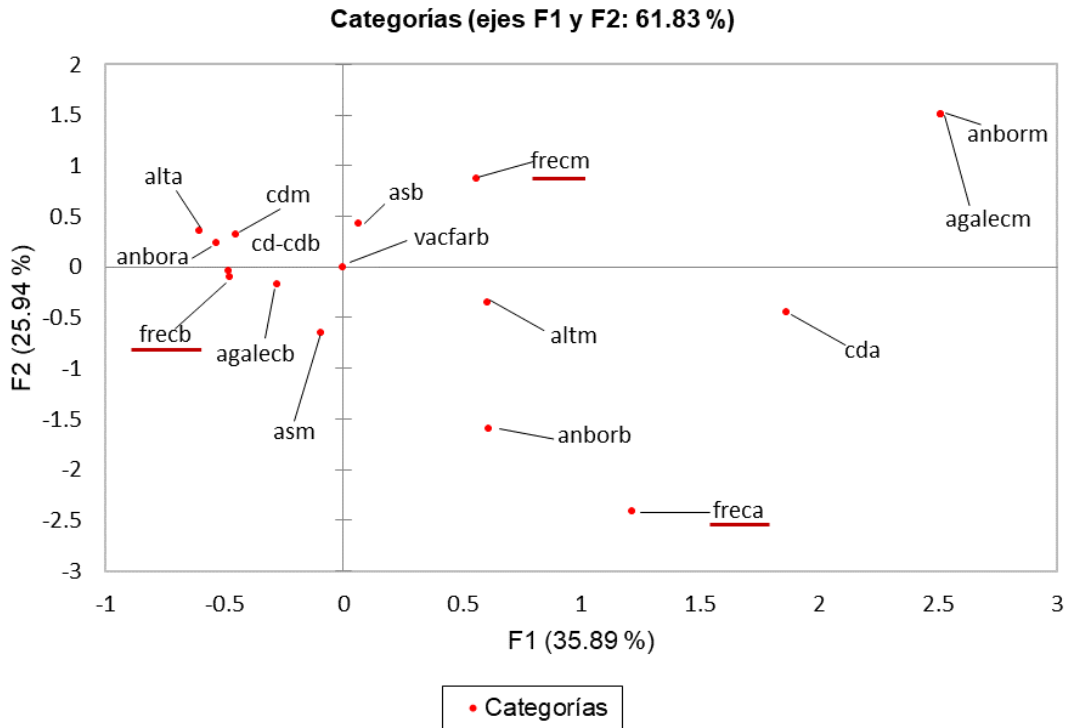


Figura 3. Resultado del ACM (Análisis de Correspondencias Múltiples donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes artificiales del sitio San Juan, Coahuila, México.
Figure 3. Result from the MCA (Multiple Correspondence Analysis) where the variables most related with the frequency of visits by wildlife to artificial water sources are shown for the San Juan site, Monclova, Coahuila, Mexico.

se relacione con el uso del aguaje o con eventos de enfermedad o mortalidad de fauna silvestre (Simpson *et al.*, 2011). En este estudio, dos elementos con intervalos de concentración bajos, As (0.10 - 0.20 mg L⁻¹) y Cd (0.05 - 0.06 mg L⁻¹), tuvieron relación con la frecuencia de visitas media y baja. Al comparar estos intervalos de contenido de As y Cd con la norma correspondiente, se encontró que el As está por debajo y el Cd por encima de los límites permisibles. La frecuencia de visitas fue menor cuando el agua presentó contenidos de elementos superiores a los límites permisibles.

CONCLUSIONES

Los aguajes artificiales de la UMA Rancho San Juan fueron más visitados por los mamíferos venado cola blanca, mapache y pecarí y las aves zopilote aura y correcaminos. Las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio, cloro y sulfato en el agua de los aguajes sobrepasaron los niveles máximos permisibles; esto indica que el agua de algunos de los aguajes

concentración, As (0.10 - 0.20 mg L⁻¹) and Cd (0.05 - 0.06 mg L⁻¹), had a relationship with the medium and low frequency of visits. When comparing these intervals of As and Cd content with the corresponding norm, it was found that As is under and Cd is over the permissible limits. The frequency of visits was lower when the water presented contents of elements higher than the permissible limits.

CONCLUSIONS

The artificial water sources of the UMA Rancho San Juan were visited the most by mammals, white-tailed deer, raccoon and peccary; and by birds, turkey vulture and roadrunner. The concentrations of arsenic, cadmium, mercury, chlorine and sulfate in the water of the water sources exceeded the maximum permissible levels. This indicates that the water of some of the water sources is not apt for consumption by wildlife; however, it is still being used.

The vegetation adjacent to the water sources was made up mostly by *Jatropha dioica*, *Agave lechuguilla*

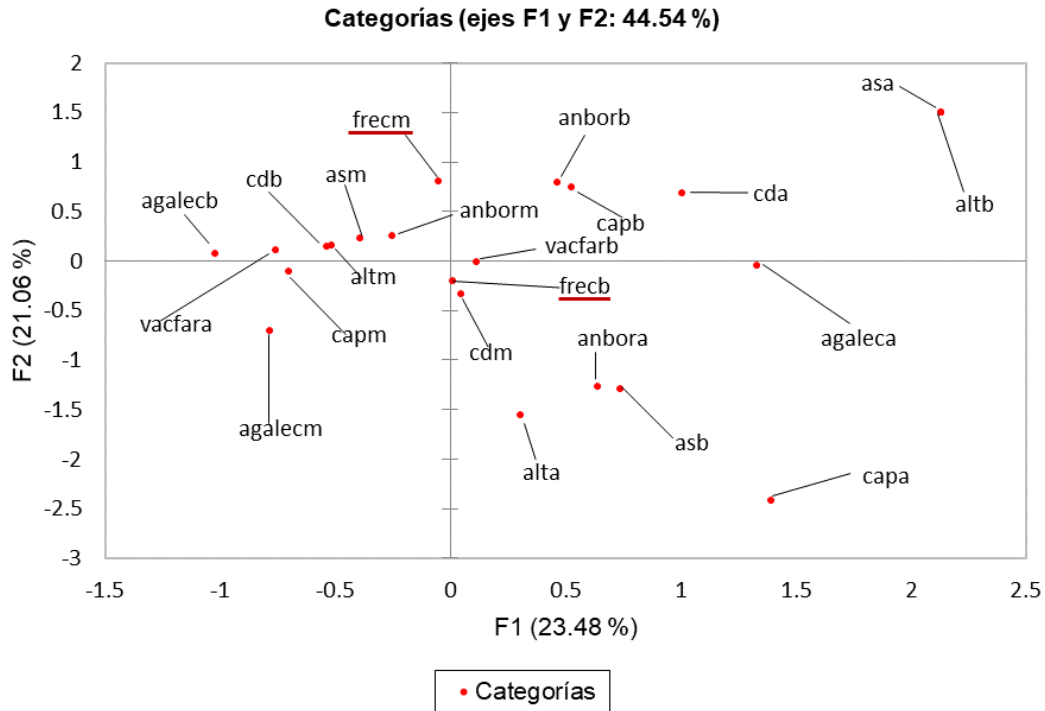


Figura 4. Resultado del ACM (Análisis de Correspondencias Múltiples) donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los aguajes artificiales del sitio San Vicente, Coahuila, México.

Figure 4. Results from the MCA (Multiple Correspondence Analysis) where the variables most related with the frequency of visits by wildlife to artificial water sources are shown for the San Vicente site, Monclova, Coahuila, Mexico.

no es apta para su consumo por la fauna silvestre; sin embargo, su uso se mantiene.

La vegetación circundante a los aguajes se compuso en su mayoría de *Jatropha dioica*, *Agave lechuguilla* y *Prosopis glandulosa*. El uso mayor de aguajes artificiales en la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre San Juan en Coahuila, se asoció con cinco variables de la vegetación, dos características físicas de los aguajes y cuatro variables del contenido de elementos en el agua. La frecuencia de visitas alta se relacionó más con el ancho de borde entre 1 y 10 cm, la presencia alta de *Vachellia farnesiana* y los niveles bajos de arsénico y cadmio.

Los aguajes deben construirse para que los utilicen la mayor cantidad de especies de fauna silvestre. Estos deben tener rampas, visibilidad y cobertura vegetal adecuada; con especies vegetales circundantes que sean consumidas por la fauna silvestre; y debe darse seguimiento sistemático a la calidad del agua, en especial los niveles de arsénico y cadmio, así como y la calidad del agua en los aguajes del área de

and *Prosopis glandulosa*. The higher use of artificial water sources in the Management Unit for Wild Life Conservation San Juan in Coahuila, Mexico, was associated with five variables of the vegetation; two physical characteristics of the water sources and four variables of the content of elements in the water. The high frequency of visits was related more with the width of the edge between 1 and 10 cm, the high presence of *Vachellia farnesiana* and the low levels of arsenic and cadmium.

The water sources must be built for them to be used by the highest number of wildlife species. These must have ramps, visibility and adequate plant cover; with surrounding plant species that are consumed by wildlife; and systematic monitoring must be given to the water quality, especially to the levels of arsenic and cadmium, as well as to the quality of the water in the water sources are filled in the study area. The characterization of the vegetation adjacent to the water sources ought to be performed in circular plots of larger size.

estudio. La caracterización de la vegetación aledaña a los aguajes debería realizarse en parcelas circulares de tamaño mayor.

LITERATURA CITADA

- Alanís-Flores G.J. 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León, una Guía Botánico-Ecológica. Impresora Monterrey, S.A. de C.V. San Nicolás de los Garza, N.L. 251 p.
- Bello, J., S. Gallina, M. Equihua, S. Mandujano, and C. Delfin. 2001. Activity areas and distance to water sources by white-tailed deer in Northeastern Mexico. *Vida Silvestre Neotrop.* 10:30-37.
- Bleich, V. C., N. G. Andrew, M. J. Martin, G. P. Mulcahy, A. M. Pauli, and S. S. Rosenstock. 2006. Quality of water available to wildlife in desert environments: comparisons among anthropogenic and natural sources. *Wildlife Soc. Bull.* 34: 627-632.
- Bowers, N., R. Bowers, and K. Kaufman. 2004. *Field Guide to Mammals of North America*. New York: Houghton Mifflin. 351 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2019. Base de datos NaturaLista. <https://www.naturalista.mx/> (Consulta: enero, 2019).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1992. Contaminación del agua-Determinación de nitrógeno de nitrato - Método espectrofotométrico ultravioleta. NMX-AA-082-1986. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa082.pdf> (Consulta: septiembre 2018).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001a. Análisis de agua-Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. NMX-AA-073-SCFI-2001. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf> (Consulta: septiembre 2018).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001b. Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. NMX-AA-079-SCFI-2001. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166794/NMX-AA-079-SCFI-2001.pdf> (Consulta: septiembre 2018).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2008. Análisis de agua. Determinación de sulfuros en aguas naturales y residuales - Método de prueba. NMX-AA-084-2008. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166796/NMX-AA-084-1982.pdf> (Consulta: septiembre 2018).
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. Análisis de agua-Medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. NMX-AA-074-SCFI-2014. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166149/nmx-aa-074-scfi-2014.pdf> (Consulta: septiembre 2018).
- Escobar-Flores, J. G., R. Valdez, S. Álvarez-Cárdenas, S. Díaz-Castro, A. Castellanos-Vera, J. Torres, y M. Delgado-Fernández. 2016. Utilización de aguajes por el borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) y análisis de calidad del agua en Sierra Santa Isabel, Baja California, México. *Acta Universitaria* 26: 12-19.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (5ta ed.). México: Instituto de Geografía UNAM. pp: 63-73.
- Garza de León, A. 2003. Aves de Coahuila. Guía de campo. México: Agisa. 373 p.
- Gedir, J. V., J. W. Cain, P. R. Krausman, J. D. Allen, G. C. Duff, and J. R. Morgart. 2016. Potential foraging decisions by a desert ungulate to balance water and nutrient intake in a water-stressed environment. *PLOS ONE* 11:1-20.
- Kaufman, K. 2005. Guía de Campo a las Aves de Norteamérica. Houghton Mifflin. 392 p.
- Larsen, R. T., J. A. Bissonette, J. T. Flinders, and A. C. Robinson. 2011. Does small-perimeter fencing inhibit mule deer or pronghorn use of water developments? *J. Wildlife Manage.* 75: 1417-1425.
- Luque, J. L. 2000. Calidad de agua para bebida de animales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 25 p.
- Lynn, J. C., C. L. Chambers, and S. S. Rosenstock. 2006. Use of wildlife water developments by birds in Southwest Arizona during migration. *Wildlife Soc. Bull.* 34: 592 - 601.
- Mandujano, S., S. Gallina, y J. A. Ortega. 2014. Venado cola blanca en México. *In: Valdez, R. y J. A. Ortega. Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México. Colegio de Postgraduados. México, DF. pp: 413 - 434.*
- Mandujano-Rodríguez, S y C. Hernández. 2019. Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la Reserva de la Biósfera Tehuacan-Cuicatlán, México. *AgroProductividad* 12:37-42.
- McKee, C. J., K. M. Stewart, J. S. Sedinger, A. P. Bush, N. W. Darby, D. L. Hughson, and V. C. Bleich. 2015. Spatial distributions and resource selection by mule deer in an arid environment: Responses to provision of water. *J. Arid Environ.* 122: 76 - 84.
- NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. Washington D.C. 353 p.
- Olivas-Sánchez, M. P., C. Vital-García, J. P. Flores-Márquez, M. Quinonez-Martínez, y F. Clemente-Sánchez. 2015. Cambios estacionales en la dieta del Venado bura (*Odocoileus hemionus* Crooki) en matorral desértico chihuahuense. *AgroProductividad*. 8: 59-64.
- Olkowski, A. A. 2009. *Livestock water quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine*. Agriculture and Agri-Food Canada. 157 p.
- Ovalle-Rivera, N. A. O. 2019. Uso de aguajes artificiales por venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) y fauna silvestre asociada en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México. *Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí*. 67 p.
- Puls, R. 1988. *Mineral Levels in Animal Health*. Diagnostic Data. Sherpa International, Clearbrook, British Columbia, Canada. 240 p.
- Rosenstock S. S., W. B. Ballard, and J. C. De Vos. 1999. Viewpoints. Benefits and impacts of Wildlife water developments. *J. Range Manage.* 53: 302-311.
- Rosenstock, S. S., V. C. Bleich, M. J. Rabe, and C. Reggiardo. 2005. Water quality at wildlife water sources in the Sonoran Desert, United States. *Range. Ecol. Manage.* 58: 623-627.

- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 504 p.
- Sargeant, G. A., M. W. Oehler, and C. L. Sexton. 2014. Use of water developments by female elk at Theodore Roosevelt National Park, North Dakota. *California Fish and Game* 100: 538-549.
- Selebatso, M., G. Maude, and R. W. Fynn. 2018. Assessment of quality of water provided for wildlife in the Central Kalahari Game Reserve, Botswana. *Physics Chem. Earth. Parts A/B/C.* 105: 191-195.
- Shields, A. V., R. T. Larsen, and J. C. Whiting. 2012. Summer watering patterns of mule deer in the Great Basin Desert, USA: Implications of differential sex by individuals and the sexes for management of water resources. *The Sci. World J.* 2012: 1 – 9.
- Simpson, N. O., K. M. Stewart, and V. C. Bleich. 2011. What have we learned about water developments for wildlife? Not enough! *California Fish and Game* 97:190 – 209.
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional). 2018. Información Estadística Climatológica <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica> (Consulta: octubre, 2018).
- Solís D.M., and R. J. Gutiérrez. 1990. Summer habitat ecology of Northern spotted owls in Northwestern California. *The Condor* 92:739-748. DOI: <https://doi.org/10.2307/1368693>.
- Umar, S., M. T. Munir, T. Azeem, S. Ali, W. Umar, A. Rehman, and M.A. Shah. 2014. Effects of water quality on productivity and performance of livestock: A mini review. *Veterinaria* 2: 11-15.
- Van Perlo, B. 2006. *Birds of Mexico and Central America*. Princeton University Press. 336 p.
- Villarreal, J. Á. 2001. *Flora de Coahuila. Listados florísticos de México*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 136 p.