



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSTGRADO EN
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

**USO DE AGUAJES ARTIFICIALES POR EL VENADO COLA BLANCA
(*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) Y FAUNA SILVESTRE
ASOCIADA EN LA UMA-RANCHO SAN JUAN, COAHUILA, MÉXICO**

NORMA ALEJANDRA OVALLE RIVERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México
Noviembre 2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Norma Alejandra Ovalle Rivera, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del (la) Profesor(a) Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Uso de agujeros artificiales por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmerman) y fauna silvestre asociada en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El (la) Consejero (a) o Director (a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, a 13 de noviembre de 2019.


Firma

Vo. Bo. Profesor(a) Consejero(a) o Director(a) de Tesis

La presente tesis, titulada: **USO DE AGUAJES ARTIFICIALES POR EL VENADO COLA BLANCA** (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) **Y FAUNA SILVESTRE ASOCIADA EN LA UMA-RANCHO SAN JUAN, COAHUILA, MÉXICO**, realizada por la alumna **Norma Alejandra Ovalle Rivera**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

CONSEJO PARTICULAR

**CONSEJERO:
(Director de Tesis)**



Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula

CODIRECTOR DE TESIS:



Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos

ASESOR:



Dr. Juan Felipe Martínez Montoya

ASESOR:



Dr. Genaro Olmos Oropeza

ASESOR:



Dr. Fernando González Saldívar

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí
Noviembre, 2019

USO DE AGUAJES ARTIFICIALES POR EL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) Y FAUNA SILVESTRE ASOCIADA EN LA UMA-RANCHO SAN JUAN, COAHUILA, MÉXICO

Norma Alejandra Ovalle Rivera, M en C

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN GENERAL

El agua es uno de los recursos más importantes para el desarrollo de las poblaciones de vida silvestre, pero en zonas áridas y semiáridas, este es limitado. La construcción de aguajes inició en los EUA, con el fin de proveer de agua a las especies cinegéticas. Actualmente, se conoce que los aguajes benefician a especies sin distinción; sin embargo, la relación que existe entre este uso y factores como condiciones climáticas, calidad del agua y características de los aguajes o sitios donde se colocan ha sido poco investigada. Esta tesis consta de dos capítulos, el primero tuvo como objetivo identificar las especies que hacen uso de éstos y comparar este uso con condiciones climáticas, y en el segundo capítulo relacionar la utilización de aguajes artificiales por la fauna silvestre con las dimensiones de los primeros, variables físicas y químicas del agua y características de su vegetación circundante. Durante 2017-2018, el uso de veinte aguajes se monitoreó con fototrampeo y con sensores automatizados se registraron la temperatura y humedad relativa. Asimismo, se registraron las dimensiones físicas de cada aguaje, se evaluó la vegetación aledaña y se tomaron muestras de agua para un análisis de calidad. En el primer capítulo, para comparar el número de especies observadas con el esperado se realizaron pruebas de Jackknife y χ^2 . Asimismo, para identificar diferencias por estación y aguaje sobre riqueza y diversidad de especies, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, ($p < 0.05$). En el segundo capítulo, 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 visualizar esta asociación gráficamente se utilizó un análisis de correspondencias múltiples en el software Xlstat. Se identificaron cuarenta especies de aves y catorce de mamíferos, usando los aguajes. La familia Cervidae presentó el mayor porcentaje de visitas (32.8 %). La primavera fue la estación con mayores visitas, aunque no existieron diferencias

por estación ($p= 0.3916$). El estimador Jackknife 1 indicó que únicamente se identificó el 72 % ($n=54$) de las especies potenciales y con Kruskal-Wallis se identificó diferencias por aguaje para la riqueza de especies ($p=0.0059$). Se evaluaron cincuenta y siete variables, y doce de estas resultaron asociadas significativamente a la frecuencia de visitas. Las variables que determinaron, en mayor medida, la frecuencia de visitas alta (2400-3400) fueron el ancho del bordo del aguaje de 1 a 10 cm, la presencia de al menos 10 individuos de *Vaquellia farnesiana* y *Agave lechuguilla* y los niveles bajos de los límites permisibles de Arsénico y Cadmio. Esta información servirá como referente para los manejadores de fauna silvestre.

Palabras clave: fototrampeo, fauna silvestre, temperatura, humedad relativa, calidad de agua, diseño de agujajes.

USE OF ARTIFICIAL WATER BY WHITE TAILED DEER (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann) AND WILDLIFE ASSOCIATED IN THE UMA RANCHO SAN JUAN, COAHUILA, MEXICO.

Norma Alejandra Ovalle Rivera, M en C

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Water is one of the most important resources for the development of wildlife populations, but in arid and semi-arid areas, this is limited. The construction of artificial water began in the USA, in order to provide water to game species. Currently, it is known that artificial water benefit species without distinction; however, the relationship between this use and factors such as climatic conditions, water quality and characteristics of the artificial waters or places where they are placed has been little investigated. This thesis consists of two chapters, the first chapter had as an objective identify the species that make use of them and compare this use with climatic conditions, and in the second chapter relate the use of artificial water by wildlife with dimensions, physical and chemical variables of water and characteristics of its surrounding vegetation. During 2017-2018, the use of twenty artificial water was monitored with camera-trapping and with automated sensors, the temperature and relative humidity were recorded. Likewise, the physical dimensions of each artificial water were recorded, the surrounding vegetation was evaluated and water samples were taken for a quality analysis. In the first chapter, to compare the number of species observed with that expected, Jackknife and χ^2 tests were performed. Likewise, to identify differences by season and artificial water on species richness and diversity, the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$) was used. In the second chapter, to know which of the variables studied were most associated with the frequency of visits, a Poisson regression coefficient test was performed in the R-Studio software, and to visualize this association a multiple correspondence analysis was used in the Xlstat software. Forty species of birds and fourteen of mammals were identified, using the artificial water. The Cervidae family had the highest percentage of visits (32.8%). Spring was the season with the highest visits, although there were no differences by season ($p = 0.3916$). The Jackknife 1 estimator indicated that only 72% ($n = 54$) of the potential species were identified and with

Kruskall-Wallis differences were identified by artificial water for species richness ($p = 0.0059$). Fifty-seven variables were evaluated, and twelve of these were significantly associated with the frequency of visits. The variables that determined, to a greater extent, the high frequency of visits (2400-3400) were the width of the water board from 1 to 10 cm, the presence of at least 10 individuals of *Vaquellia farnesiana* and *Agave lechuguilla* and the low levels of the permissible limits of Arsenic and Cadmium. This information will serve as a reference for wildlife managers.

Keywords: camera-trapping, wildlife, temperature, relative humidity, water quality, artificial water design

DEDICATORIA

A mis padres José Carmen y Graciela, por su apoyo incondicional.

A mis sobrinos Diego, Abi, Elliot, Paola y Evelin por hacer más alegres mis días.

A Edgar por su comprensión, apoyo y amor.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus San Luis Potosí, por la oportunidad para realizar mis estudios de maestría y la presente investigación.

Al Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula, mi Profesor Consejero por la oportunidad de trabajar con él y por el apoyo brindado durante toda mi estancia en el postgrado.

A todos los integrantes de mi Consejo Particular, Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula, Dr. Juan Felipe Martínez Montoya, Dr. Genaro Olmos Oropeza, Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos y Dr. Fernando González Saldívar, por su apoyo y aportes a lo largo de mi investigación.

Al Dr. Víctor Manuel Ruiz Vera, Director del Campus San Luis Potosí, por el apoyo en la realización de este proyecto de investigación.

Al Lic. Miguel Angel Espinosa Pérez, Subdirector Administrativo del Campus San Luis Potosí por su apoyo en trámites de viáticos y vehículo.

Licenciado Gerardo Benavides Pape dueño de la UMA Rancho San Juan, por las facilidades para la realización de este proyecto de investigación.

Al Ing. Vladimir Lara Ramírez, Administrador de la UMA Rancho San Juan, por su apoyo en el trabajo de campo dentro de la UMA.

Al Dr. Saul Ugalde Lezama, por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos.

A la M.C. Clara Tovar, encargada del laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, por brindarme su conocimiento y apoyo en los análisis de agua.

Al Ingeniero Isaías Cedillo Martínez, auxiliar de investigación del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus San Luis Potosí por su apoyo durante el trabajo de campo.

A todo el personal del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus San Luis Potosí por las facilidades, conocimientos y apoyo a lo largo de estos dos años.

A la Dra. Brenda Trejo Téllez, Subdirectora de Educación del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus San Luis Potosí, por las facilidades y apoyo brindado en los tramites y procesos durante estos dos años.

A Lili, por su ayuda en el trabajo de campo, por las pláticas, las comidas improvisadas y por brindarme su amistad.

A Diana, por su ayuda y apoyo.

A mi familia por la paciencia y apoyo durante este proceso.

A Edgar por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
LITERATURA CITADA	3
CAPÍTULO 1. USO DE AGUAJES ARTIFICIALES POR LA FAUNA SILVESTRE EN COAHUILA, MÉXICO	6
1.1. RESUMEN	6
1.2. ABSTRACT	7
1.3. INTRODUCCIÓN	8
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	9
1.4.1. Localización del sitio de estudio	9
1.4.2. Aguajes artificiales.....	10
1.4.3. Variables medidas	11
1.4.4. Estimador de riqueza Jacknife 1	13
1.4.5. Prueba de χ^2	13
1.4.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis	14
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
1.5.1. Frecuencia de visitas, UMA Rancho San Juan y sitios	14
1.5.2. Temperatura, humedad relativa y frecuencia de visitas por estación del año	17
1.5.3. Patrón de uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre.....	20
1.5.4. Estimador Jacknife 1	21
1.5.5. Prueba de χ^2	21
1.5.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis	22
1.6. CONCLUSIONES	25
1.7. LITERATURA CITADA.....	26

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE AGUAJES ARTIFICIALES Y SU RELACIÓN CON EL USO POR LA FAUNA SILVESTRE EN COAHUILA, MÉXICO	32
2.1. RESUMEN	32
2.2. ABSTRACT	33
2.3. INTRODUCCIÓN	34
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	35
2.4.1. Localización del área de estudio.....	35
2.4.2. Aguajes artificiales.....	36
2.4.3. Calidad del agua.....	37
2.4.4. Vegetación	38
2.4.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.....	39
2.4.7. Coeficiente de regresión Poisson	39
2.4.8. Análisis de correspondencias múltiples	39
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
2.5.1. Calidad del agua.....	40
2.5.2. Vegetación	44
2.5.3. Coeficiente de regresión Poisson	46
2.5.4. Análisis de correspondencias múltiples	49
2.6. CONCLUSIONES	54
2.7. LITERATURA CITADA.....	55
CONCLUSIONES GENERALES	60
Anexo I. Especies de especies de fauna silvestre registradas mediante fototrampeo e identificadas.....	62
Anexo II. Variables medidas y sus abreviaturas en los agujeros artificiales de la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México	64

Anexo III. Variables que resultaron asociadas a la frecuencia de visitas en el análisis de correlación de Poisson, y abreviaturas para cada intervalo dado.	66
Anexo IV. Clasificación en intervalo para las variables obtenidas del análisis de regresión Poisson.....	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Información del fototrampeo en el área estudiada y por estación del año en Coahuila, México.	14
Cuadro 2. Frecuencia de visitas (%) a los agujajes artificiales por especies de fauna silvestre clasificadas por familias en el área estudiada, Coahuila, México.	15
Cuadro 3. Resultados de χ^2 derivados de la comparación de los valores observados y esperados de la riqueza de especies por estación y agujaje en la UMA y sitios San Juan y San Vicente, Coahuila, México.	22
Cuadro 4. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para riqueza y diversidad por sitio, estación y agujaje en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.	23
Cuadro 5. Pozos de los cuales se alimenta cada agujaje en los sitios San Juan y San Vicente en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.	40
Cuadro 6. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los agujajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los aniones evaluados.	42
Cuadro 7. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los agujajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los metales y metaloides evaluados.	43
Cuadro 8. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los agujajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los metales y metaloides evaluados.	45
Cuadro 9. Resultados del ARP para la asociación entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y once variables medidas en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.	46
Cuadro 10. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y seis variables evaluadas en el sitio San Juan, Coahuila, México.	47
Cuadro 11. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y siete variables evaluadas en el sitio San Vicente, Coahuila, México.	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio y de los veinte agujajes artificiales estudiados por sitio (San Juan y San Vicente) en la UMA-Rancho San Juan.	11
Figura 2. Cámara HC500 Hyperfire Semi-Covert IR de Reconyx (a) y cámaras trampa sobre postes de madera (b) utilizadas para monitorear el uso de agujajes en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México (2017-2018).	12
Figura 3. Temperatura (a) y humedad relativa (b) mínima y máxima por estación del año en los sitios San Juan y San Vicente de la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.	18
Figura 4. Climograma para la UMA-Rancho San Juan durante el periodo de estudio, Coahuila, México.	18
Figura 5. Frecuencia de visitas (%) a los agujajes artificiales por la fauna silvestre por estación del año en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.	19
Figura 6. Patrones de uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.	20
Figura 7. Curvas de rarefacción derivadas del análisis de Jackknife 1 por estación (a) y agujaje (b) de las especies de fauna silvestre registradas en la UMA-Rancho San Juan y en los sitios San Juan (SJ) y San Vicente (SV).	21
Figura 8. Localización del área de estudio y de los veinte agujajes artificiales estudiados por sitio (San Juan y San Vicente) en la UMA-Rancho San Juan	37
Figura 9. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.	50
Figura 10. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales en el sitio San Juan, Coahuila, México.	51
Figura 11. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales en el sitio San Vicente, Coahuila, México.	52

INTRODUCCIÓN

En México, el aprovechamiento de los recursos naturales con un enfoque sustentable inicia con la creación de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA's) en 1997. Las UMA's, de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, se refieren a predios o instalaciones registradas ante la Dirección General de Vida Silvestre que operan en conformidad con un plan de manejo, el cual incluye un seguimiento permanente al estado del hábitat, de poblaciones o ejemplares que en ellas se distribuyen (LGVS, 2016). Su propósito es preservar la biodiversidad como alternativa de producción sustentable, además de promover una nueva percepción de conservación y de ingresos económicos para los propietarios (INE, 2000, Weber, García-Marmolejo y Reyna-Hurtado, 2006).

En México, la mayoría de las UMA's se concentran en Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Sonora y Chihuahua y en su mayoría se enfocan al aprovechamiento cinegético (Gallina-Tessaro, Hernández-Huerta, Delfín-Alonso, y González-Gallina, 2009). Las especies cinegéticas más comunes son venado cola blanca, venado bura, borrego cimarrón, jabalíes, patos, palomas, codornices, guajolotes y conejos (Figuroa, 2017, Quiroga y Muñoz, 2004). Una de las principales limitantes para el manejo de estas especies cinegéticas es el recurso agua en suficiencia, sobre todo aquellas que se distribuyen en zonas áridas y semiáridas (Figuroa, 2017). Para atenuar esta limitante se recurre a la construcción de aguajes artificiales (Epaphras *et al.*, 2008, Escobar *et al.*, 2016, Pérez-Osorio, Arriola-Morales, García-Lucero, Saldaña-Blanco, y Mendoza-Hernández, 2016) en especial en la época de estiaje. Estos aguajes consisten en estructuras para recolectar agua que pueden ser de concreto, fibra de vidrio o metálicos (De La Ossa-Lacayo y Herrera-Betín, 2017)

Es común que estos aguajes, que se construyen para beneficiar al venado cola blanca sean utilizados por otras especies de fauna silvestre con las que coexiste. Sin embargo, proporcionar el recurso agua a través de estos aguajes no resuelve el problema, pues otros factores también determinan el uso de ellos; por ejemplo, la estación del año, las temperaturas altas y humedades relativas bajas (Sánchez *et al.*, 2007, Escobar-Flores y

Sandoval, 2017), calidad del agua (Bleich *et al.*, 2006, Pérez Osorio *et al.*, 2016), obstrucción visual por la vegetación (Sánchez *et al.*, 2007), así como sus características de construcción (altura, profundidad, material de construcción, tipo, entre otros).

Se han identificado ventajas y desventajas en el uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre. Los agujajes artificiales permiten una mejor distribución de animales (Rosenstock, Ballard, y Devos, 1999, Epaphras *et al.*, 2008), incrementan la biodiversidad (Botero, Jaime de la Ossa, Espitia, y De La Ossa-Locayo, 2009) y promueven la supervivencia y reclutamiento de las especies bajo un esquema de manejo (Ockenfels, Brooks, y Lewis 1991). Por otro lado, se ha establecido que los agujajes incrementan la depredación, la competencia y la transmisión de enfermedades (Rosenstock *et al.*, 1999) bajo densidades poblacionales altas. Asimismo, estos agujajes pueden no ser utilizados por la fauna silvestre, la cual recurre a elementos naturales para complementar su requerimiento hídrico, como el uso del rocío o incluyendo en su dieta plantas suculentas (Vargas, Tarango, Loera, y Olgún, 2000) y el agua metabólica obtenida a través de sus alimentos.

Con base a lo anterior, se planteó evaluar el uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre en la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México. Los objetivos de esta investigación fueron: a) Identificar las especies de fauna silvestre que hacen uso de agujajes artificiales y su relación con la temperatura y humedad relativa por estación del año y b) Relacionar la utilización de agujajes artificiales por la comunidad de fauna silvestre con sus dimensiones, variables físico-químicas del agua y características de la vegetación en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México. Esta información podrá servir como referente para los manejadores de fauna silvestre en relación a la ubicación y construcción de agujajes artificiales, así como para suministrar el recurso agua oportunamente.

LITERATURA CITADA

- Bleich, V. C., Andrew, N. G., Martin, M. J., Mulcahy, G. P., Pauli, A. M., y Rosenstock, S. S. (2006). Quality of Water Available to Wildlife in Desert Environments: Comparisons among Anthropogenic and Natural Sources. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 34(3), 627–632. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[627:QOWATW]2.0.CO;2
- Botero, L., Jaime de la Ossa, V., Espitia, A., y De La Ossa-Locayo, A. (2009). Importancia de los jagüeyes en las sabanas del Caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 1(1), 71–84. doi: 10.24188/recia.v1.n1.2009.413
- De La Ossa-Lacayo, A., y Herrera-Betín, J. M. (2017). Los jagüeyes comunitarios como un sistema ambiental antrópico y la importancia de su gestión. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(1), 98. doi: 10.24188/recia.v9.n1.2017.505
- Epaphras, A. M., Gereta, E., Lejora, I. A., Ole Meing'ataki, G. E., Ng'umbi, G., Kiwango, Y., Mwangomo, E., Semanini, F., Vitalis, L., Balozzi, J. y Mtahiko, M. G. G. (2008). Wildlife water utilization and importance of artificial waterholes during dry season at Ruaha National Park, Tanzania. *Wetlands Ecology and Management*, 16(3), 183–188. doi: 10.1007/s11273-007-9065-3
- Escobar Flores, J. G., Valdez, R., Álvarez Cárdenas, S., Díaz Castro, S., Castellanos Vera, A., Torres, J., y Delgado Fernández, M. (2016). Watering sites use by bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*) and water quality analysis in Sierra Santa Isabel, Baja California, México. *Acta Universitaria*, 26(1), 12–19. doi: 0.15174/au.2016.822
- Escobar-Flores, J., y Sandoval, S. (2017). Uso de aguajes por el principal ungulado cinegético en Baja California, México. *Agroproductividad*, 10(5). 28-33. Obtenido en <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1014>

- Figuroa, B. (2017). *El aprovechamiento potencial de las zonas áridas y semiáridas*. México: Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados, LXIII Legislatura.
- Gallina-Tessaro, S. A., Hernández-Huerta, A., Delfín-Alonso, C. A., y González-Gallina, A. (2009). Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 1(2), 143-152.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). (2000). Estrategia Nacional para la Vida Silvestre. *Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (INE-SEMARNAT). 212 p.
- LGSV (Ley General de Vida Silvestre). (2000) *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*
- Ockenfels, R. A., Brooks, D. E., y Lewis, C. H. (1991). *General Ecology of Coues White-tailed Deer in the Santa Rita Mountains: a Final Report*. Arizona Game & Fish.
- Pérez-Osorio, G., Arriola-Morales, J., García-Lucero, T., Saldaña-Blanco, M. L., y Mendoza-Hernández, J. C. (2016). Assessment of the quality of the water of four jagüeyes in the state park "Flor del Bosque", Puebla, México. *Revista RA XIMHAI*, 12(4), 153–168. Obtenido en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46146927009>
- Quiroga, R. G. G., y Muñoz, A. M. (2004). Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas de su desarrollo. *Entorno Económico*, 42(250), 1–17. Obtenido en <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/8690>
- Rosenstock, S. S., Ballard, W. B., y Devos, J. C. (1999). Viewpoint: Benefits and Impacts of Wildlife Water Developments. *Journal of Range Management*, 52(4), 302-311. doi: 10.2307/4003538
- Sánchez, C., Gaudioso, V. R., Alonso, M. E., Pérez, J. A., Prieto, R., Díez, C., Olmedo, J.A. y Bartolomé, D. J. (2007). Valoración del consumo de agua y presencia de la fauna silvestre en bebederos artificiales en un entorno mediterráneo continental

seco. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 20, 11–30. Obtenido en <http://hdl.handle.net/10396/3958>

Vargas, M., Tarango, L.A., Loera, J., Olgúin C.A., (2000). Uso de fuentes de agua por el borrego cimarrón en Rancho El Plomito, Sonora, México. *Seminario de avances de investigación*, Recursos Naturales y Ecología.

Weber, M., García-Marmolejo, G., y Reyna-Hurtado, R. (2006). The Tragedy of the Commons: Wildlife Management Units in Southeastern Mexico. *Wildlife Society Bulletin*, 34(5), 1480–1488. doi: 0.2193/0091-7648(2006)34[1480:TTOTCW]2.0.CO;2

CAPÍTULO 1. USO DE AGUAJES ARTIFICIALES POR LA FAUNA SILVESTRE EN COAHUILA, MÉXICO

1.1. RESUMEN

En las zonas áridas y semiáridas se establecen aguajes artificiales para proveer agua a las especies de fauna silvestre. El objetivo de esta investigación fue identificar las especies que hacen uso de éstos y comparar este uso con condiciones climáticas en Coahuila, México. Durante 2017-2018, el uso de 20 aguajes se monitoreó con fototrampeo y con sensores automatizados se registraron la temperatura y humedad relativa. Se obtuvo la frecuencia relativa del uso de aguajes por sitio y por estación, así como el patrón de horarios de uso por las especies de fauna. Para comparar el número de especies observadas con el esperado se realizaron pruebas de Jackknife y χ^2 . Asimismo, para identificar diferencias por estación y aguaje sobre riqueza y diversidad de especies de fauna silvestre, se utilizó una prueba Kruskal-Wallis. Cuarenta especies de aves y catorce de mamíferos fueron identificadas, las familias que presentaron mayores porcentajes de visitas fueron Cervidae con un 32.8 %, Procyonidae con 18.9 % y Tayassuidae con un 8.3 %. La fauna uso más los aguajes durante la primavera, aunque no existieron diferencias por estación ($p= 0.3916$). El patrón de uso varió por estación del año, en primavera y verano se presentó en horario diurno y en otoño e invierno en crepuscular. El estimador Jackknife 1 indicó que únicamente se identificó el 72 % ($n=54$) de las especies potenciales y Kruskal-Wallis identificó diferencias por aguaje para la riqueza de especies de fauna ($p\text{-value}=0.0059$). Estos resultados pueden ser útiles para manejar mejor las poblaciones de fauna silvestre en el noreste de México.

Palabras clave: venado cola blanca, foto-trampeo, hábitat, disponibilidad de agua, fauna silvestre

CHAPTER I. USE OF ARTIFICIAL WATER BY WILDLIFE IN COAHUILA, MEXICO

1.2. ABSTRACT

In the arid and semi-arid zones, artificial water is established to provide water to wildlife species. The objective of this investigation was to identify the species that make use of them and compare this use with climatic conditions in Coahuila, Mexico. During 2017-2018, the use of 20 artificial water was monitored with camera-trapping and with automated sensors the temperature and relative humidity were recorded. The relative frequency of water use by site and season was obtained, as well as the pattern of hours of use by wildlife species. To compare the number of species observed with that expected, Jackknife and χ^2 tests were performed. Likewise, to identify differences by season and rainfall on wealth and diversity of wildlife species, a Kruskal-Wallis test was used. Forty species of birds and fourteen of mammals were identified, the families that presented the highest percentages of visits were Cervidae with 32.8%, Procyonidae with 18.9% and Tayassuidae with 8.3%. The fauna used more artificial water during spring, although there were no differences by season ($p = 0.3916$). The pattern of use was varied by season, in spring and summer it was presented during daylight hours and in autumn and winter in twilight. The Jackknife 1 estimator indicated that only 72% ($n = 54$) of the potential species were identified and Kruskal-Wallis identified differences by artificial water for the richness of fauna species (p -value = 0.0059). These results may be useful to better manage wildlife populations in northeastern Mexico.

Keywords: white tailed deer, camera-trapping, habitat, water availability, wildlife

1.3. INTRODUCCIÓN

México, por su ubicación geográfica presenta una diversidad de climas alta; predominando el árido y semiárido (50.7 %) en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas (Figueroa, 2017). En estas regiones, las temperaturas medias anuales superan los 18 °C y precipitaciones \leq a 250 mm (García 2004). En estos ambientes, el recurso agua limita el desarrollo y supervivencia de las poblaciones de fauna silvestre (Rosenstock, Bleich, Rabe y Reggiardo, 2005). El agua para los organismos es fundamental, ya que funciona como solvente, medio de transporte de productos del metabolismo corporal; es importante para la digestión, lubricación de articulaciones y como medio de conducción del sonido y luz (Barboza, Parker y Hume, 2009), además es el principal componente de tejidos biológicos y el medio de desecho de sustancias tóxicas (Durón y Guiza, 2003). Asimismo, el agua determina la ecología, los desplazamientos, la depredación y termorregulación de las especies de fauna silvestre (Turner, 1973, Edwards, Awaji, Eid y Attum, 2017).

Las Unidades de Manejo y Conservación de Vida Silvestre (UMA) han fomentado actividades para la conservación de las especies de fauna. En las UMA's ubicadas en regiones áridas o semiáridas, cuyo factor limitante para el desarrollo de las poblaciones de fauna silvestre es el agua (Escobar *et al.*, 2016), para proveer este recurso especialmente durante la época de estiaje, se construyen aguajes (Pérez-Osorio, Arriola-Morales, García-Lucero, Saldaña-Blanco, y Mendoza-Hernández, 2016). En estas UMA's, una especie cinegética y económicamente importante es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmermann), del cual se consume su carne y sus astas se usan como trofeo principalmente en el norte de México (Mandujano, Gallina y Ortega, 2014). Esta especie, para permanecer saludable, debe mantener su balance hídrico y disminuir la temperatura corporal por medio de la transpiración (Mandujano y Gallina, 1995). Los requerimientos hídricos se incrementan cuando la temperatura aumenta y la humedad relativa disminuye (Alcalá y Enríquez 1999). Sánchez *et al.*, (2007) establecen que el requerimiento hídrico para el género *Odocoileus* es de 2 a 4 l d⁻¹. Además, este requerimiento varía de acuerdo a la etapa fisiológica del animal (Bello, Gallina y Equihua,

2003). Por ejemplo, en época seca, las hembras lactantes de venado cola blanca seleccionan áreas con fuentes de agua permanentes, esenciales para cubrir sus requerimientos de agua (Grovenburg, Jacques, Klaver y Jenks, 2011). Finalmente, los patrones de consumos de agua son similares entre especies, cuando las temperaturas son mayores a 40 °C, venado bura (*Odocoileus hemionus*, Rafinesque) registra un patrón de consumo de agua similar al de venado cola blanca (Escobar-Flores y Sandoval, 2017).

En las zonas áridas, los aguajes artificiales bien planificados y diseñados benefician a las especies cinegéticas y a la fauna con la que coexisten (Robinson y Bolen, 1989). En México, actualmente, los estudios sobre el uso de aguajes artificiales por la fauna silvestre son escasos, y algunos de ellos se han enfocado a registrar las visitas del borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw) y del venado bura a aguajes naturales (Escobar *et al.*, 2016, Escobar-Flores y Sandoval, 2017). Por ello, para conservar y aprovechar las especies que hacen uso de estos aguajes, se sugiere que los estudios deben encaminarse a determinar la disponibilidad del agua a través del año y a su uso por la fauna (Escobar-Flores y Sandoval, 2017), incluyendo especies cinegéticas y no cinegéticas, y considerando sus necesidades hídricas por estación del año (Rosenstock, Ballard y Devos, 1999; Medina, Márquez y García, 2007).

El objetivo de esta investigación fue identificar las especies de fauna silvestre que hacen uso de aguajes artificiales y su relación con la temperatura y humedad relativa por estación del año en la UMA-Rancho San Juan, Monclova, Coahuila, México. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados por los manejadores de fauna silvestre para la planeación en el mantenimiento y mejora de los aguajes artificiales, principalmente en el norte de México.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Localización del sitio de estudio

El estudio se realizó durante septiembre 2017 a septiembre 2018 en la UMA-Rancho San Juan, (26°50'18.68"N, 101° 2'31.22"O y 587 m de altitud) Monclova, Coahuila, México. Esta UMA se dedica a actividades cinegéticas, siendo el principal trofeo el venado cola blanca (*O. virginianus texanus*) que puede llegar a costar desde los \$10,000 hasta

\$50,000. El área usada para este estudio fue de 3,470 hectáreas, dividida en dos exclusiones: 1) San Juan con 2,340 ha y 2) San Vicente con 1,030 ha (Figura 1). El área de estudio tiene un clima BS1hw (García, 2004) con temperatura media anual de 21.6 °C, 13.6 °C en el mes más frío, 29.8 °C en el mes más caliente y una precipitación media anual de 309.6 mm (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2018).

Los principales suelos son Xerosol y Regosol (Comisión de Estudios del Territorio Nacional [CETENAL], 1977). La vegetación dominante es matorral desértico rosetófilo y el matorral desértico micrófilo (Rzendowski, 1978). Las especies de fauna silvestre más representativas son venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Zimmerman), coyote (*Canis latrans* Say), gato montés (*Lynx rufus* Schreber), mapache (*Procyon lotor* Linneo), pecarí de collar (*Pecari tajacu* Linneo), puma (*Puma concolor* Linneo) y aves como aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis* Gmelin), halcón mexicano (*Falco mexicanus* Schlegel), gavián palomero (*Accipiter cooperi* Bonaparte), caracara quebrantahuesos (*Caracara cheriway* Jacquin), carpintero de frente dorada (*Melanerpes aurifrons* Wagler) y correcaminos norteño (*Geococcyx californianus* Lesson) (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2017).

1.4.2. Aguajes artificiales

La UMA cuenta con 33 aguajes artificiales permanentes, 18 en San Juan y 15 en San Vicente. Para este estudio se eligieron veinte aguajes al azar, diez en cada sitio con distancias entre ellos de 0.3 a 9.7 km. (Figura 1). Los aguajes tienen dimensiones y formas distintas; 15 son cilíndricos y 5 cónicos, por lo que su capacidad varía entre 1.3 a 18.4 m³. La mayoría (n=18) son de concreto y dos de plástico. Ninguno cuenta con aditamentos para proporcionar sombra artificial, pero la fauna silvestre la obtiene de las especies arbóreas que los circundan como *Prosopis glandulosa* Torr y *Vachellia farnesiana* Linneo. La fuente de agua para el llenado de estos aguajes es un pozo y el flotador de cada aguaje, el cual regula el nivel y cantidad de agua.

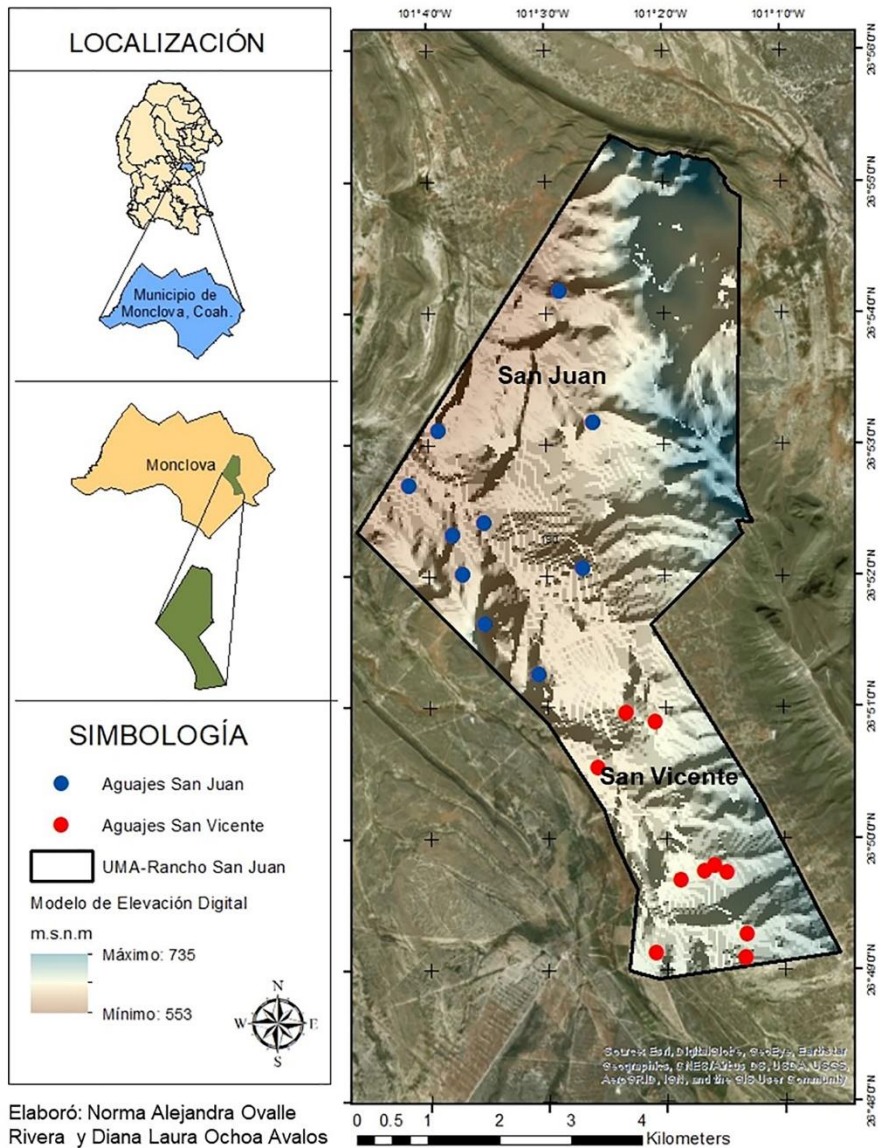


Figura 1. Localización del área de estudio y de los veinte aguajes artificiales estudiados por sitio (San Juan y San Vicente) en la UMA-Rancho San Juan.

1.4.3. Variables medidas

En cada aguaje se colocó una estación de foto-trampeo (HC500 Hyperfire Semi-Covert IR de Reconyx, Wisconsin, USA) (Figura 2a) con sistema infrarrojo de detección de movimiento. Las cámaras estuvieron activas del 12 de septiembre de 2017 al 12 de septiembre de 2018 y se instalaron sobre postes de madera (Figura 2b) a una altura de

50 a 91 cm y una distancia al agujaje de 1.5 a 5.30 m. Ambos variaron en función del tamaño de cada uno de ellos.

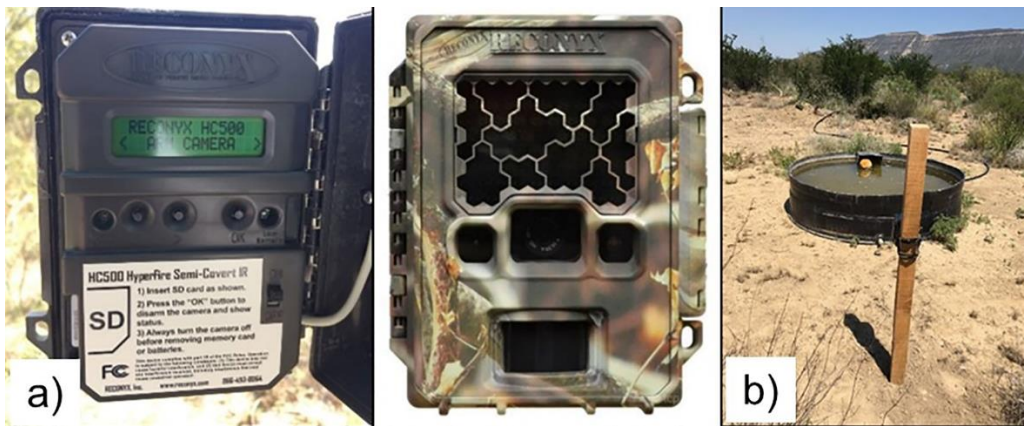


Figura 2. Cámara HC500 Hyperfire Semi-Covert IR de Reconyx **(a)** y cámaras trampa sobre postes de madera **(b)** utilizadas para monitorear el uso de agujajes en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México (2017-2018).

Las fotografías obtenidas se clasificaron de acuerdo a O'Brien, Kinnaird, y Wibisono, (2003):

1. Fotografías consecutivas de individuos de la misma especie.
2. Fotografías consecutivas de individuos de la misma especie tomadas con más de 30 minutos de intervalo.
3. Fotografías no consecutivas de la misma especie.

También se clasificaron con base a las estaciones del año, otoño (22-septiembre a 21-diciembre de 2017), invierno (22-diciembre de 2017 a 20-marzo de 2018), primavera (21-marzo a 21-julio del 2018) y verano (22-julio-12-septiembre de 2018). Para conocer si existieron diferencias significativas entre las visitas a los agujajes artificiales por estación del año, se realizó una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$); se eligió esta prueba debido a que por la naturaleza de los datos, estos no cumplen con una distribución normal.

Las especies que hicieron uso de los agujajes artificiales se identificaron con base a 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, Bowers, y Kaufman, 2004); además del sitio de internet Naturalista (Naturalista, 2019).

Adicionalmente, para conocer cuál de los sitios fue el que más visitas recibió, se obtuvo la frecuencia de captura (FC) para cada uno de ellos con la fórmula propuesta por Karanth y Nichols (1998):

$$FC = \left(\frac{\text{Número de registros independientes}}{\text{Esfuerzo de muestreo}} \right) \times 100$$

Las cámaras trampa registraron fecha, hora y temperatura de cada evento fotográfico. Además, en el área estudiada cuatro sensores HOBO (HOBO U23 Pro v2 U23-001, Massachusetts. USA) fueron colocados, dos en San Juan y dos en San Vicente. Los sensores fueron programados para registrar la temperatura y humedad relativa cada dos horas durante las cuatro estaciones del año. Adicionalmente, la información sobre la precipitación se obtuvo del Sistema Meteorológico Nacional (SMN, 2019). Los horarios de actividad de la fauna silvestre en los agujajes artificiales durante el periodo de estudio, se obtuvieron y ordenaron por estación del año, utilizando los horarios registrados en cada evento fotográfico.

1.4.4. Estimador de riqueza Jacknife 1

El índice de riqueza esperada se calculó considerando la información presencia/ausencia de cada especie durante el periodo de estudio, por agujaje y por estación. Este índice se obtuvo con el estimador Jacknife 1 utilizando también la información de presencia/ausencia de cada especie por estación y por agujaje. Estos valores se obtuvieron para toda la UMA-Rancho San Juan y para cada área de estudio. Este estimador se calculó con el software EstimateS 9.1.0 ® y se graficó en Microsoft Excel ®.

1.4.5. Prueba de χ^2

Para conocer posibles diferencias significativas entre la riqueza observada/esperada por agujaje y por estación del año se aplicó una prueba de χ^2 ($\alpha=0.05$). Para ello, se utilizó la información de riqueza generada con el índice de Jacknife 1 y la de diversidad con el

índice de Shannon-Winner. Estos índices se obtuvieron con el software EstimateS 9.1.0 ® y la prueba de χ^2 se realizó con en el software Minitab ®.

1.4.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Para identificar posibles diferencias significativas entre la riqueza y diversidad de especies de fauna silvestre registradas por aguaje y por estación del año, la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$) se llevó a cabo; esta prueba se realizó en el software JMP ®.

1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1. Frecuencia de visitas, UMA Rancho San Juan y sitios

De septiembre de 2017 a septiembre de 2018, en la UMA-Rancho San Juan se identificaron 54 especies (14 de mamíferos y 40 de aves; Anexo I) haciendo uso de agujajes artificiales, éstas se agruparon en 30 familias (10 de mamíferos y 20 de aves).

El esfuerzo total de muestreo fue de 7,300 días-trampa y se obtuvieron 23,466 registros independientes en toda la UMA, 61.77 % correspondieron a San Juan y 38.23 % a San Vicente. Con base a la frecuencia de captura (FC) los agujajes de San Juan (FC=397) fueron los más utilizados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Información del fototrampeo en el área estudiada por estación del año en Coahuila, México.

	San Juan	San Vicente	UMA
Esfuerzo de muestreo (días-trampa)	3650	3650	7300
Registros independientes	14495	8971	23466
Frecuencia de captura	397	246	321
	Registros independientes		
Registros en primavera	4958	1753	6711
Registros en verano	3586	2038	5624
Registros en otoño	3078	2244	5322
Registros en invierno	2873	2936	5809

En la frecuencia relativa de las especies agrupadas por familia en la UMA-Rancho San Juan, Cervidae, Procyonidae y Tayassuidae registraron los mayores porcentajes (Cuadro 2), representadas por venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) con un 32.8 %, el mapache (*Procyon lotor*) con un 18.9 % y el pecarí (*Pecari tajacu*) con un 8.3 %, respectivamente.

Cuadro 2. Frecuencia de visitas (%) a los agujeros artificiales por especies de fauna silvestre clasificadas por familias en el área estudiada, Coahuila, México.

Familia	Frecuencia de visitas (%)		
	Sitios		UMA-Rancho
	San Juan	San Vicente	San Juan
Accipitridae	1.2	0.3	0.8
Anatidae	0.2	0.1	0.2
Ardeidae	0.03	0.05	0.04
Canidae	10.4	3.1	7.4
Cardinalidae	3.5	0.3	2.2
Cathartidae	7.9	4.9	6.7
Cervidae	17.0	56.3	32.8
Columbidae	4.5	2.1	3.6
Corvidae	3.1	3.0	3.0
Cuculidae	8.2	2.2	5.8
Didelphidae	0.01	0.00	0.00
Falconidae	0.4	0.5	0.5
Felidae	1.1	0.4	0.8
Fringillidae	0.03	0.04	0.03
Icteridae	0.5	0.4	0.5
Laniidae	0.0	0.1	0.0
Leporidae	0.5	0.0	0.3
Mephitidae	1.7	2.2	1.9
Mimidae	1.5	1.2	1.4
Mustelidae	0.04	0.00	0.02

Odontophoridae	4.0	0.8	2.7
Parulidae	0.03	0.00	0.02
Passerellidae	1.1	0.5	0.9
Picidae	1.4	0.3	1.0
Procyonidae	19.1	18.6	18.9
Sciuridae	0.5	0.0	0.3
Strigidae	0.1	0.1	0.1
Tayassuidae	12.1	2.7	8.3
Troglodytidae	0.03	0.00	0.02
Tyrannidae	0.01	0.00	0.00

En San Juan 13 especies de mamíferos y 37 de aves fueron identificadas; estas especies corresponden principalmente a las familias Cervidae, Procyonidae y Tayassuidae (Cuadro 2). El mapache destacó con 19 % de visitas, venado cola blanca con 17 % y pecaí con 12 %. En San Vicente 10 especies de mamíferos y 25 de aves fueron registradas; las familias con mayor porcentaje de visita fueron Cervidae, Procyonidae y Cathartidae y las especies venado cola blanca con el 56 %, mapache con el 19 % y el zopilote aura (*Cathartes aura*, Linnaeus) con el 5 %.

La UMA-Rancho San Juan se estableció para incrementar las poblaciones de venado cola blanca con fines cinegéticos, lo que explica que esta especie visitara más los aguajes. La frecuencia de uso de aguajes por el mapache, en ambos sitios, es posible que se deba a una densidad alta de sus poblaciones o por una demanda de agua mayor. Este resultado también puede deberse a que estas dos especies suelen tener mayor éxito de captura, que otras especies cinegéticas, por sistemas de fototampas (Kelly y Holub, 2008).

Las aves (40 de 54 especies) aunque con frecuencias de visitas más bajas que las de los mamíferos, fueron las que más visitaron los aguajes. Es probable que este uso se incremente si los aguajes se acondicionaran con aditamentos especiales (rampas, escaleras, flotadores especiales, entre otros) para un mejor acceso a éstos por las aves (Robinson y Bolen, 1989). Cinco de las especies que hicieron uso de aguajes, están

enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2010), cuatro en la categoría de Protección especial (*Accipiter striatus*, Vieillot; *Accipiter cooperii*, Bonaparte, *Parabuteo unicinctus*, Temminck, *Geranoaetus albicaudatus*, Vieillot) y una, *Taxidea taxus berlandieri*, Schreber, como Amenazada. El establecimiento de aguajes artificiales podría beneficiar a estas especies al aportar mejores características al hábitat

Al respecto, Rosenstock, Ballard y deVos (1999) reportan que el establecimiento de aguajes aumenta la competencia y transmisión de enfermedades, así como la depredación (Ballard, Rosenstock y deVos, 1997; Villarreal-Espino-Barros *et al.*, 2012); sin embargo, en los registros fotográficos de este estudio, no se identificó ningún tipo de depredación, aunque no se descarta algún evento en sus zonas aledañas. En este sentido, Schemnitz, Evans y Moen (1997) reportaron muertes de aves y pequeños mamíferos en aguajes destinados a la ganadería y O'Brien, Waddell, Rosenstock, y Rabe (2006) ocho intentos de depredación por aves y por gato montés en cuencas hidrográficas de Arizona; este estudio consistió sólo en visitas eventuales al área de estudio para descargar información y realizar el cambio de baterías de las cámaras trampa , no incluyó monitoreo intensivo del uso y perjuicio de los aguajes para las especies de fauna silvestre que los utilizan.

1.5.2. Temperatura, humedad relativa y frecuencia de visitas por estación del año

La temperatura máxima, de acuerdo a los registros de los HOBOS instalados, en la UMA-Rancho San Juan fue de 38 y la mínima de 7 °C (Figura 3a); la humedad relativa máxima fue de 95 % y la mínima de 28 % (figura 3b). Enero (0.7 mm) y marzo (2.4 mm) fueron los meses más secos, y agosto (41 mm) septiembre (172.8 mm) de 2018 los más húmedos (SMN, 2019; Figura 4).

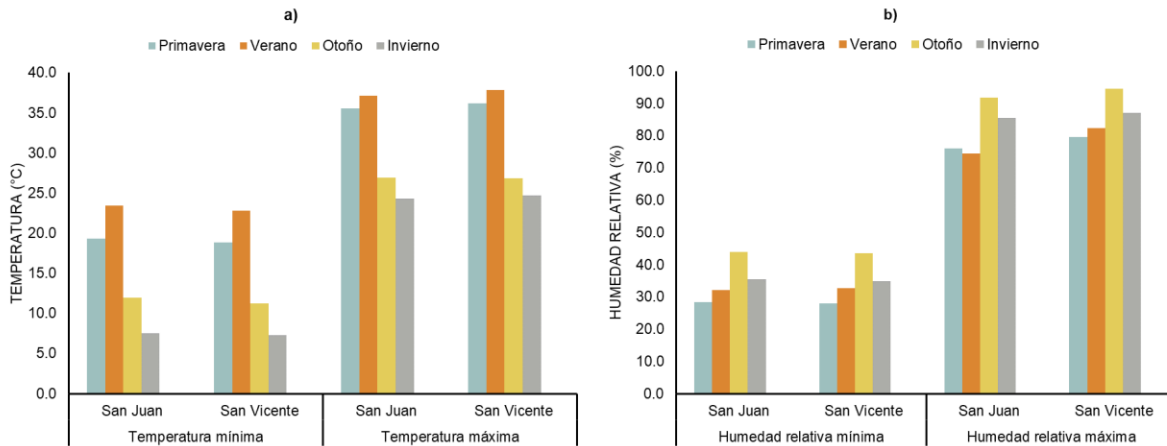


Figura 3. Temperatura (a) y humedad relativa (b) mínima y máxima por estación del año en los sitios San Juan y San Vicente de la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.

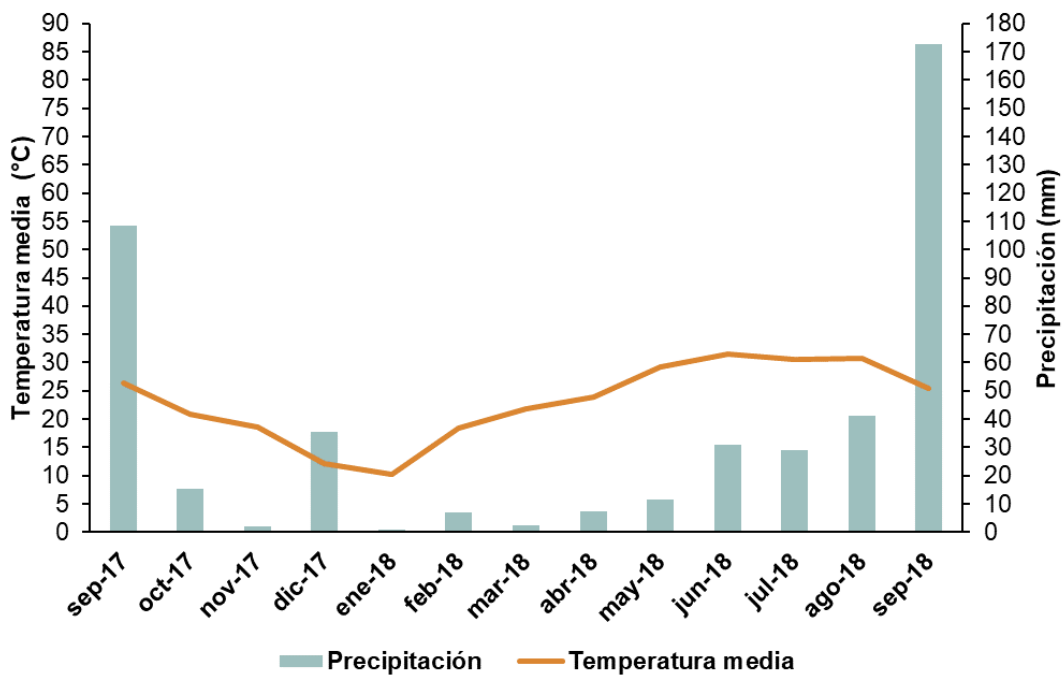


Figura 4. Climograma para la UMA-Rancho San Juan durante el periodo de estudio, Coahuila, México.

En esta investigación, los aguajes fueron visitados con frecuencia mayor (28 %) por las especies de fauna silvestre en primavera, la cual presentó temperatura, humedad relativa máxima y precipitación de 36 °C, 80 % y 31 mm, respectivamente. Estos resultados son

similares a los obtenidos por Harris, Sanderson, Erz, Lehnen y Butler (2015) en donde el uso de agujajes mayor por ungulados silvestres en Nuevo México fue de mayo a junio (primavera y un mes de verano). En verano, la temperatura fue de 38 °C, la humedad relativa de 82 % y precipitación de 172.8 mm, la frecuencia de uso fue menor (24 %) comparada con la de la primavera (Figura 5); asimismo en otoño e invierno las frecuencias de visita fueron de 23 % y 25 %, respectivamente. Sin embargo, en este estudio, no existieron diferencias significativas entre el porcentaje de visitas por estación ($p=0.3916$) a los agujajes artificiales.

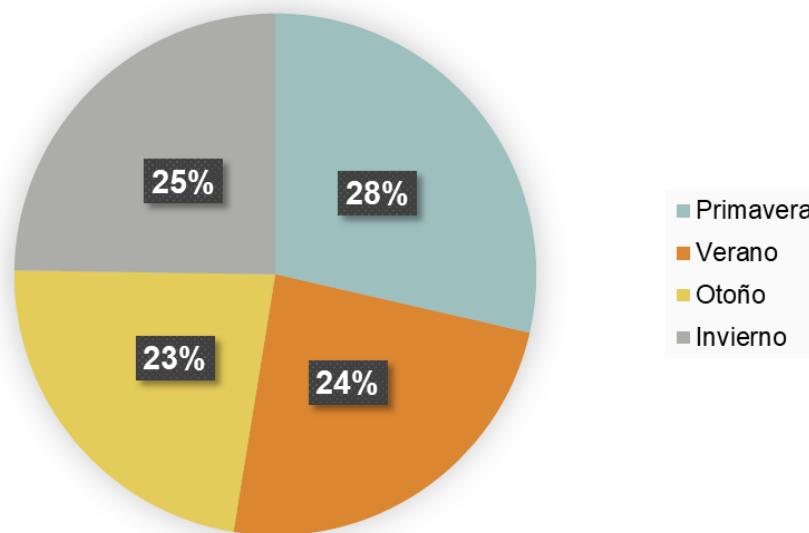


Figura 5. Frecuencia de visitas (%) a los agujajes artificiales por la fauna silvestre por estación del año en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.

Los factores meteorológicos que determinan, en mayor medida, la frecuencia de visitas de la fauna silvestre a agujajes artificiales son la temperatura alta y la humedad relativa baja (Sager, 2000; Sánchez *et al.*, 2007; Escobar-Flores y Sandoval, 2017). En este estudio, aunque las temperaturas más altas se presentaron en el verano, la mayor frecuencia de visitas a los agujajes ocurrió en primavera, que fue la estación más seca; este comportamiento también fue observado en otras especies de fauna silvestre (Sánchez *et al.*, 2007) y en borrego cimarrón (Escobar-Flores y Sandoval, 2017).

El uso de agujajes menor durante el verano puede explicarse por un incremento en la precipitación de un 80 % respecto a la precipitación que se presentó en primavera, lo

cual pudo haber creado fuentes de agua naturales que la fauna prefirió sobre los artificiales como se ha reportado para el venado cola blanca (Mandujano y Martínez-Romero 1997).

1.5.3. Patrón de uso de aguajes artificiales por la fauna silvestre

En primavera e invierno el porcentaje de uso de aguajes mayor se registró entre las 9:00 y 11:00 h (Figura 6), horario que coincide con lo registrado para venado cola blanca en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca (Hernández y Mandujano Rodríguez, 2019). Durante el otoño, el pico de actividad ocurrió entre las 19:00 y 21:00 h. El verano fue la única estación que presentó tres picos de utilización de aguajes: 6:00-7:00, 14:00-16:00y de 20:00-22:00 (Figura 6). La frecuencia de uso de aguajes menor durante el verano puede estar asociada con el evento de precipitación ocurrido. Al respecto, cuando las precipitaciones son mayores el venado cola blanca dispone de más alimento y agua a distancias menores (Gallina y Bello-Gutiérrez, 2014), y en algunos casos puede cubrir sus requerimientos con el agua contenida en el forraje (Barboza, Parker y Hume, 2009).

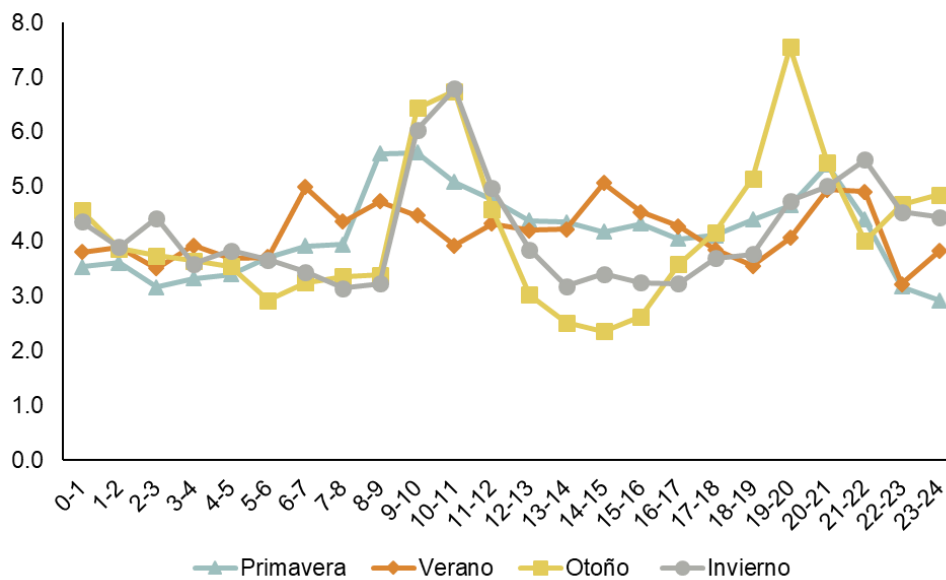


Figura 6. Patrones de uso de aguajes artificiales por la fauna silvestre en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.

1.5.4. Estimador Jacknife 1

Con base en los resultados del estimador Jacknife 1 para la variable estación, en la UMA-Rancho San Juan, las 54 especies registradas equivalen al 72 % del 100 % de las especies potenciales para el área de estudio, y al 71 % (50 especies) y 67 % (35 especies) de los sitios San Juan y San Vicente, respectivamente (Figura 7a). Sin embargo, comparando la riqueza por aguaje, con Jacknife 1 se determinó los porcentajes de 51 %, 51 % y 41 % del 100 % de las especies potenciales presentes para la UMA en general, y para los sitios San Juan y San Vicente, respectivamente (Figura 7b).

En este estudio, 54 especies (72 % observado) fueron registradas, en cambio con el estimador Jacknife 1 se determinó una diversidad mayor (75 especies potenciales). Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Aguilar Bucio (2014) en un rancho de Coahuila, México, con ecosistemas similares a los del área estudiada, en donde identificaron 76 especies (46 de aves, 12 de mamíferos, 14 de reptiles y 4 de anfibios).

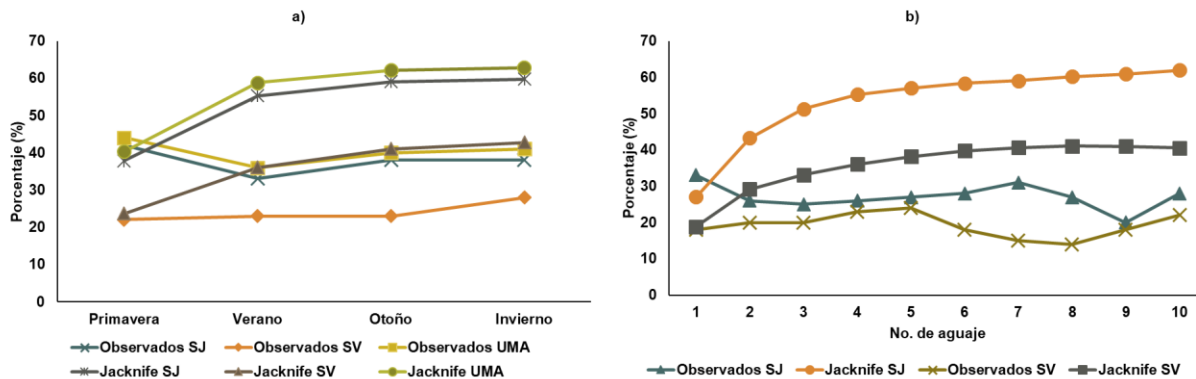


Figura 7. Curvas de rarefacción derivadas del análisis de Jacknife 1 por estación **(a)** y aguaje **(b)** de las especies de fauna silvestre registradas en la UMA-Rancho San Juan y en los sitios San Juan (SJ) y San Vicente (SV).

1.5.5. Prueba de χ^2

Con la prueba de χ^2 se confirmó que la riqueza de especies derivada del estimador Jacknife 1 exhibe valores estadísticamente significativos para todos los casos de análisis (Cuadro 3), lo que significa que la riqueza de especies registrada no es la que potencialmente existe en el área de estudio. En este estudio, el fototrampeo tuvo la ventaja de proporcionar muchos registros (Krausman, 2002). Se registraron 23,466

observaciones independientes, identificando 54 especies en toda la UMA Rancho San Juan. Asimismo, permitió captar al puma (*Puma concolor*), el mamífero de mayor tamaño reportado en el área de estudio; así mismo se captaron especies en alguna categoría de riesgo, específicamente al tejón americano (*Taxidea taxus berlandieri*), especie amenazada (SEMARNAT, 2010). Por ello, el fototrampeo es un método eficaz para la observación de fauna silvestre, es confiable, no invasivo (Pinto de Sá Alves y Andriolo, 2005; Monroy-Vilchis, Urios, Zarco-González, y Rodríguez-Soto, 2009) y permite registrar mamíferos grandes de hábitos nocturnos o evasivos (Monroy-Vilchis, Zarco-González, Rodríguez-Soto, Soria-Díaz y Urios, 2010). Sin embargo, el método puede presentar problemas de mal funcionamiento e inadecuada programación de las cámaras-trampa, registrar imágenes de mala calidad de objetivos y de vegetación en movimiento provocado por el aire.

Cuadro 3. Resultados de χ^2 derivados de la comparación de los valores observados y esperados de la riqueza de especies por estación y aguaje en la UMA y sitios San Juan y San Vicente, Coahuila, México.

Datos	N	Riqueza		
		Grados de libertad	Ji cuadrada	Prob > Ji cuadrada
Aguajes SJ	271	9	222.591	0.00
Aguajes SV	192	9	123.054	0.00
Aguajes UMA	463	19	755.918	0.00
Estación SJ	151	3	57.6645	0.00
Estación SV	96	3	20.7535	0.00
Estación UMA	161	3	58.7257	0.00

SJ: Sitio San Juan; **SV:** Sitio San Vicente; **N:** número de observaciones.

1.5.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Con la prueba Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas para la riqueza de especies entre los 20 aguajes de la UMA ($p = 0.0059$) pero no para la diversidad (Cuadro 4). Probablemente las diferencias encontradas por aguajes en toda la UMA se deban a sus características de construcción, calidad de agua, vegetación aledaña a estos aguajes

y a la visibilidad que estos ofrecen a la fauna silvestre, como ya ha sido reportado también para aves acuáticas en la región del Llano Aguascalientes-Jalisco (Medina, Márquez y García, 2007).

Cuadro 4. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis para riqueza y diversidad por sitio, estación y aguaje en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.

Datos	Riqueza		
	Ji ²	Grados de libertad	Prob > Ji ²
Aguajes SJ	7.77	9	0.5572
Aguajes SV	7.56	9	0.5787
Aguajes UMA	38.00	19	0.0059*
Estación SJ	3.29	3	0.348
Estación SV	1.59	3	0.6601
Estación UMA	2.88	3	0.4105
	Diversidad		
UMA-Rancho San Juan	199.16	185	0.2258

SJ: Sitio San Juan; **SV:** Sitio San Vicente

El uso de aguajes artificiales depende del comportamiento de las especies, algunas buscan fuentes alternas como charcas o lagunas que se forman después de las lluvias, otras consumen agua solo de fuentes naturales, del rocío o de plantas con contenidos de agua altos. Por ejemplo, en Sonora, México, el borrego cimarrón consumió plantas suculentas, principalmente en la época seca y durante el estudio, no bebió agua de aguajes artificiales (Tarango, Krausman, Valdez y Kattnig 2002)

La etapa fisiológica es un factor que determina el uso de aguajes. Las hembras de *O. virginianus* durante la gestación y lactancia (mayo-agosto) (Fulbright y Ortega-Santos, 2007), y los machos durante el crecimiento de astas (mayo-septiembre) incrementan su consumo (Buenrostro y García-Grajales, 2016). En este estudio, la frecuencia de visitas por el venado cola blanca a los aguajes artificiales varió por mes (mayo 7.8 %, junio 7.2 %, julio 8.1 %, agosto 6.7 % y septiembre 11.7 %). Este comportamiento puede deberse a que la gestación, lactancia y el crecimiento de astas representan gastos considerables de energía, por lo que evitan desplazarse y hacen uso de los recursos más cercanos

(Gallina y Bello, 2010). En este estudio no se diferenci3 entre hembras y machos por lo que se puede suponer que ambos sexos protagonizaron el incremento en el uso de agujajes artificiales durante septiembre.

1.6. CONCLUSIONES

En la UMA-Rancho San Juan, se identificaron cincuenta y cuatro especies de fauna silvestre haciendo uso de los agujajes artificiales, el venado cola blanca fue el que más los visitó (33 %).

La mayoría de estas visitas ocurrieron durante primavera; sin embargo, no existieron diferencias estadísticas significativas por estación del año en la frecuencia de uso.

Se encontraron diferencias estadísticas para la riqueza de especies por agujaje. Debido a esto se puede sugerir que el uso de agujajes por la fauna silvestre depende de diversos factores propios del agujaje.

Para aumentar el uso de estos agujajes por la fauna silvestre, se recomienda que en el diseño y acondicionamiento de éstos se consideren las necesidades estructurales requeridas por las especies que coexisten con la o las especies de interés cinegético; además de continuar con un monitoreo permanente de los agujajes artificiales, esto para conocer los cambios en la visita a los mismos si se implementan otras acciones de manejo.

Los resultados de esta investigación pueden ayudar en el manejo adecuado del recurso agua en zonas con baja precipitación y poca disponibilidad de agua. Asimismo, pueden utilizarse para que futuras investigaciones determinen la preferencia de agujajes artificiales, considerando la forma, profundidad, material de construcción, vegetación aledaña y calidad del agua.

1.7. LITERATURA CITADA

- Aguilar Bucio, L. M. (2014). *Monitoreo de diversidad, abundancia y riqueza de especies de fauna silvestre en el Proyecto Minero "Carlos II", Palaú, Coahuila, México*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila, México. (pp.76)
- Alcalá, C., y Enríquez, E. (1999). *Manejo y aprovechamiento de venados*. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), 18-19.
- Ballard, W. B., Rosenstock, S. S., y deVos Jr, J. C. (1997). The effects of artificial water developments on ungulates and large carnivores in the Southwest. En *Proceedings of a Symposium on Environmental, Economic, and Legal Issues Related to Rangeland Water Developments, Center for Law, Science, and Technology* (pp. 13-15).
- Barboza, P. S., Parker, K. L., y Hume, I. D. (2009). Metabolic constituents: water. minerals and vitamins. En *Integrative wildlife nutrition book II* (pp. 157-206). Germany: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K,
- Bello, J., Gallina, S., y Equihua, M. (2003). Comparación de los movimientos del venado cola blanca en dos sitios con diferente disponibilidad de agua del Noreste de México. En *Manejo de Fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica. Selección de Trabajos V Congreso Internacional*. Polanco-Ochoa, R. (Ed.). CITES, Fundación Natura. Bogotá, Colombia (pp. 59-66).
- Bowers, N., Bowers, R., y Kaufman, K. (2004). *Field Guide to Mammals of North America*. New York: Houghton Mifflin.
- Buenrostro, A., y García-Grajales, J. (2016). Recomendaciones para el manejo y crianza del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Oaxaca. En *Zootecnia de especies alternativas en Oaxaca* (pp. 280–306). México: Universidad del Mar.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). (1977). El Oro G14A53. Consultado 26-09-2019 en <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/default.html#Descargas>

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2017) Matorrales. Consultado 26-09-19 en <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral.html>
- Durón, J. A. C., y Guiza, V. M. (2003). *Manejo del agua para ranchos ganaderos en Baja California. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación regional del noreste*. Publicación técnica No. 2 (pp. 24)
- Edwards, S., Al Awaji, M., Eid, E., y Attum, O. (2017). Mammalian activity at artificial water sources in Dana Biosphere Reserve, southern Jordan. *Journal of Arid Environments*, 141, 52–55. doi: 10.1016/j.jaridenv.2017.01.015
- Escobar Flores, J. G., Valdez, R., Álvarez Cárdenas, S., Díaz Castro, S., Castellanos Vera, A., Torres, J., y Delgado Fernández, M. (2016). Watering sites use by bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*) and water quality analysis in Sierra Santa Isabel, Baja California, México. *Acta Universitaria*, 26(1), 12-19. doi: 10.15174/au.2016.822
- Escobar-Flores, J., y Sandoval, S. (2017). Uso de aguajes por el principal ungulado cinegético en Baja California, México. *Agroproductividad*, 10(5), 28–33. Obtenido en <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1014>
- Figuroa, B. (2017). *El aprovechamiento potencial de las zonas áridas y semiáridas México: Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria*. Cámara de Diputados, LXIII Legislatura.
- Fulbright, T. E., y Ortega-Santos, J. A. (2007). *Ecología y Manejo de Venado Cola Blanca*. Texas A&M University Press.
- Gallina, S., y Bello, J. (2010). El gasto energético del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) en relación a la precipitación en una zona semiárida de México. *Therya*, 1(1), 9–22. doi: 10.12933/therya-10-1
- Gallina, S., y Bello Gutierrez, J. (2014). Patrones de actividad del venado cola blanca en el noreste de México. *Therya*, 5(2), 423–436. doi: 10.12933/therya-14-200

- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5ta ed.). México: Instituto de Geografía UNAM.
- Garza de León, A. (2003). *Aves de Coahuila. Guía de campo*. México: Agisa.
- Grovenburg, T. W., Jacques, C. N., Klaver, R. W., y Jenks, J. A. (2011). Drought effect on selection of Conservation Reserve Program grasslands by white-tailed deer on the Northern Great Plains. *The American Midland Naturalist*, 166(1), 147-163. doi: 10.1674/0003-0031-166.1.147
- Harris, G., Sanderson, J. G., Erz, J., Lehnen, S. E., y Butler, M. J. (2015). Weather and prey predict mammals visitation to water. *PLOS ONE*, 10(11),1-20. doi: 10.1371/journal.pone.0141355
- Hernández, C., y Mandujano Rodríguez, S. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. *AgroProductividad*, 12(6), 37–42. doi: 10.32854/agrop.v0i0.1406
- Karanth, K. U., y Nichols, J. D. (1998). Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79(8), 2852–2862. doi: 10.1890/0012-9658(1998)079[2852:EOTDII]2.0.CO;2
- Kaufman, K. (2005). *Guía de campo a las aves de Norteamérica*. New York: Houghton Mifflin.
- Kelly, M. J., y Holub, E. L. (2008). Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 15(2), 249–262. doi: 10.1656/1092-6194(2008)15[249:CTOCTS]2.0.CO;2
- Krausman, P. (2002). *Introduction to wildlife management.*, Nueva Jersey, EEUU: Prentice Hall.
- Mandujano, S., y Martínez-Romero, L. E. (1997). Fruit fall caused by Chachalacas (*Ortalis pilocephala*) on red mombin trees (*Spondias purpurea*): Impact on terrestrial fruit consumers especially the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*).

- Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 32(1), 1–3. doi: 10.1076/snfe.32.1.1.13466
- Mandujano, S., y Gallina, S. (1995). Disponibilidad de agua para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México. *Vida Silvestre Neotropical*, 4(2), 107–118.
- Mandujano, S., Gallina, S. y Ortega, J. A. (2014). Venado cola blanca en México. En Valdez, R., y Ortega, J.A. (Eds). *Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México* (pp. 413–434). Colegio de Postgraduados
- Medina, T. S. M., Márquez, O. M., y García, M. E. (2007). Uso y selección de embalses por el pato mexicano (*Anas diazi*) en la región del Llano, Aguascalientes-Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 23(2), 163–181. doi: 10.21829/azm.2007.232574
- Monroy-Vilchis, O., Urios, V., Zarco-González, M., y Rodríguez-Soto, C. (2009). Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology*, 59(2), 145–157. doi: 10.1163/157075609X437673
- Monroy-Vilchis, O., M. Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., y Urios, V. (2010). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 373-383. doi: 10.15517/rbt.v59i1.3206
- NaturaLista. (2019). Consultado 2019 en <https://www.naturalista.mx/>
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., y Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2), 131–139. doi: 10.1017/S1367943003003172
- O'Brien, C. S., Waddell, R. B., Rosenstock, S. S., y Rabe, M. J. (2006). Wildlife Use of Water Catchments in Southwestern Arizona. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), 582–591. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[582:WUOWCI]2.0.CO;2

- Pérez-Osorio, G., Arriola-Morales, J., García-Lucero, T., Lourdes Saldana-Blanco, M., y Carlos Mendoza-Hernández, J. (2016). Assessment of the quality of the water of four jagueyes in the state park "Flor del Bosque", Puebla, México. *Revista RAXIMHAI*, 12(4), 153–168. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46146927009>
- Pinto de Sá Alves, L. C. P., y Andriolo, A. (2005). Camera traps used on mastofaunal survey of Araras Biological Reserve. *Revista Brasileira de Zootecias*, 7(2), 231–246. Obtenido de <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24164>
- Robinson, W. L. y E. G Bolen. (1989). Wildlife and water. En: *Wildlife ecology and management*. (pp. 184-228) New York: Macmillan.
- Rosenstock, S. S., Ballard, W. B., y deVos, J. C. (1999). Viewpoint: Benefits and impacts of wildlife water developments. *Journal of Range Management*, 52(4), 302–311. doi: 10.2307/4003538
- Rosenstock, S. S., Bleich, V. C., Rabe, M. J., y Reggiardo, C. (2005). Water quality at wildlife water sources in the Sonoran Desert, United States. *Rangeland Ecology & Management*, 58(6), 623-627. doi: 10.2111/04-130R1.1
- Rzedowski J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F.: Limusa
- Sager, R. L. (2000). Agua para bebida de bovinos, Repositorio digital de acceso abierto. Consultado 24-05-2019 en Producción animal website: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Sánchez, C., Gaudioso, V. R., Alonso, M. E., Pérez, J. A., Prieto, R., Díez, C., ... Bartolomé, D. J. (2007). Valoración del consumo de agua y presencia de la fauna silvestre en bebederos artificiales en un entorno mediterráneo continental seco.

- Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, (20), 11–30. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10396/3958>
- Schemnitz, S. D., Evans, C. A., y Moen, J. T. (1997). A new method for improved wildlife access to livestock watering tanks in southern New Mexico. In Environmental, economic, and legal issues related to rangeland water developments: Proceedings of a symposium (pp. 565-571). Tempe, Ariz: Arizona State Univ. Coll. Of Law.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). NOM 059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*.
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2018). Información Estadística Climatológica Consultado 10-10-2018 en <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2019). Información Estadística Climatológica Consultado 14-03-2019 en <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Tarango, L. A., Krausman, P. R., Valdez, R., y Kattnig, R. M. (2002). Research observation: Desert bighorn sheep diets in north- western Sonora, Mexico. *Journal of Range Management*, 55(6), 530–534. doi: 10.2307/4003995
- Turner, J.C. (1973). *Water, energy and electrolyte balance in the Desert Bighorn Sheep, Ovis canadensis*. Ph.D. thesis, University of California, Riverside, USA.
- Van Perlo, B. (2006). *Birds of Mexico and Central America*. Princenton University Press.
- Villarreal-Espino-Barros, O. A., Plata-Pérez, F. X., Mendoza-Martínez, G. D., Martínez-García, J. A., Hernández-García, P. A., y Arcos-García, J. L. (2012). Distancia radial al agua, cobertura de escape e indicios de coyote (*Canis latrans*), asociados a la presencia del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVIII(2), 231–239. doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.01.012

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE AGUAJES ARTIFICIALES Y SU RELACIÓN CON EL USO POR LA FAUNA SILVESTRE EN COAHUILA, MÉXICO

2.1. RESUMEN

La construcción de agujajes artificiales inició desde los años 40s y 50s por parte de agencias estatales y federales de los Estados Unidos de América, con el fin de proveer agua a las especies de fauna de interés cinegético. Sin embargo, para su construcción, no se consideran todos los factores para incrementar su uso por la fauna silvestre. El objetivo de este estudio fue relacionar la utilización de agujajes artificiales por la fauna silvestre con sus dimensiones, variables físico-químicas del agua y características de la vegetación circundante a éstos en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México. La frecuencia de visitas a estos agujajes artificiales se relacionó con sus dimensiones, la calidad del agua (13 elementos) y la vegetación aledaña. Para conocer cuáles de las variables estudiadas se asocian con la frecuencia de visitas, se realizó una prueba de coeficiente de regresión Poisson en el software R-Studio y para visualizar esta asociación gráficamente se utilizó un análisis de correspondencias múltiples en el software Xlstat. En total se evaluaron cincuenta y siete variables de las cuales doce (cinco relacionadas con la vegetación, cuatro con la calidad del agua y tres con el diseño del agujaje) se asociaron más con la frecuencia de visitas. Gráficamente, con el análisis de correspondencias múltiples se encontró que, de estas doce variables, el ancho de bordo de agujaje de 1 a 10 cm y la presencia alta de *V. farnesiana* fueron las variables que más se relacionaron con la frecuencia de visitas alta. Estos resultados ayudarán a los manejadores de fauna silvestre en la construcción de agujajes artificiales para que aumenten la probabilidad de uso por la fauna silvestre.

Palabras clave: diseño de agujajes, calidad de agua, vegetación aledaña, frecuencia de visitas.

CHAPTER 2. CHARACTERISTICS OF DEVELOPMENT WATER AND ITS RELATIONSHIP WITH USE BY WILD FAUNA IN COAHUILA, MEXICO

2.2. ABSTRACT

The construction of artificial water began from the 40s and 50s by state and federal agencies of the United States of America, in order to provide water to wildlife species with hunting interest. However, for its construction, not all factors are considered to increase its use by wildlife. The objective of this study was to relate the use of artificial water by wildlife with its dimensions, physicochemical variables of the water and characteristics of the vegetation surrounding them in the UMA Rancho San Juan, Coahuila, Mexico. The frequency of visits to these artificial waters was related to their dimensions, water quality (13 elements) and the surrounding vegetation. To know which of the variables studied are associated with the frequency of visits, a Poisson regression coefficient test was performed in the R-Studio software and to visualize this association a multiple correspondence analysis was used in the Xlstat software. In total, fifty-seven variables were evaluated, of which twelve (five related to vegetation, four with water quality and three with artificial water design) were associated more with the frequency of visits. Graphically, with the analysis of multiple correspondences, it was found that, of these twelve variables, the water board width of 1 to 10 cm and the high presence of *V. farnesiana* were the variables that most related to the high frequency of visits. These results will help wildlife managers in the construction of artificial waters to increase the likelihood of use by wildlife.

Keywords: artificial water design, water quality, surrounding vegetation, frequency of visits.

2.3. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para todos los organismos (Robinson y Bolen, 1989; Espino-Barros, 2005; Smit, Woodborne, Wolf y McKechnie, 2019), sin embargo, por factores diversos su distribución geográfica no es homogénea (Robinson y Bolen, 1989). Las especies de fauna silvestre que habitan en zonas áridas y semiáridas son las más afectadas por esta limitación (Broyles, 2006; Simpson, Stewart y Bleich, 2011). Actualmente, el manejo de fauna silvestre se ha vuelto prioridad para conservar la biodiversidad y para generar recursos económicos; en este sentido, se requiere que los hábitats cuenten con todos sus componentes de forma adecuada. Por tal razón, para beneficiar a las especies de fauna silvestre de interés cinegético, durante los años 40s y 50s se dio inicio con la construcción de aguajes artificiales por parte de agencias estatales y federales de los Estados Unidos de América (Rosenstock, Ballard y Devos, 1999; Broyles, 2006; O'Brien, Waddell, Rosenstock, y Rabe, 2006). Los aguajes que se construyen no sólo son usados por las especies de interés cinegético, pues se ha documentado su uso por diversas especies de mamíferos y aves, así como por algunas especies de reptiles e insectos como las abejas. Sin embargo, los estudios sobre el uso de aguajes por especies no cinegéticas son escasos (Cutler y Morrison, 1998).

Algunos estudios sugieren que la disponibilidad del recurso agua en los aguajes artificiales no es el único factor que determina el uso de éstos. Por ejemplo, Bleich *et al.*, (2006) sugieren que el uso de estas fuentes de agua depende de la calidad del agua; sin embargo, Sánchez *et al.*, (2007) encontraron diferencias en el uso de aguajes con y sin vegetación aledaña. Asimismo, algunas especies han desarrollado adaptaciones fisiológicas y de comportamiento para minimizar la necesidad de consumo de agua (Cain, Krausman, Rosenstock y Tuner, 2006), algunas de estas especies no utilizan los aguajes debido a que cubren sus requerimientos hídricos con el rocío, o incluyendo en su dieta, otras fuentes de agua como plantas suculentas (Vargas, Tarango, Loera y Olguín 2000). Sargeant, Oehlen y Sexton (2014) sugieren que la presencia de la fauna silvestre en zonas cercanas a aguajes naturales o artificiales se relacionan con las características de la vegetación, clima, elevación o humedad del suelo.

Existen diferentes opiniones respecto a la construcción y uso de agujeros artificiales, algunos argumentan que éstos pueden aumentar la depredación, competencia y transmisión de enfermedades (Rosenstock *et al.*, 1999). No obstante, no se ha demostrado que la construcción de agujeros artificiales ocasione efectos dañinos a las especies y poblaciones que los utilizan, al contrario, estos son necesarios y benefician a la fauna (Broyles, 2006). Sin embargo, son muchas las variables que influyen en el uso de los agujeros artificiales por la fauna silvestre; debido a esto, los manejadores de fauna silvestre para construir agujeros deben conocer y tomar en cuenta las especies a beneficiar, sus necesidades hídricas, el volumen de agua disponible, la calidad de la misma, el diseño de la fuente (Durón y Guiza, 2003), distancia al terreno de escape, cobertura, vegetación y perturbación humana (Broyles, 2006). Por ello, el objetivo de este estudio fue relacionar la utilización de agujeros artificiales por la fauna silvestre con sus dimensiones, variables físicas y químicas del agua y características de la vegetación en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México. Los resultados de esta investigación pueden ser de utilidad para el diseño y establecimiento de agujeros artificiales en las zonas áridas y semiáridas.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. 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, Coahuila, México. Comprende una superficie de 3,470 hectáreas, dividida en dos exclusiones: 1) San Juan con 2,340 ha y 2) San Vicente con 1,030 ha. 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 principales suelos son Xerosol y Regosol (CETENAL, 1977). La vegetación dominante son el matorral desértico rosetófilo y el micrófilo (Rzendowski, 1978). Las especies de fauna silvestre representativas son venado cola blanca, coyote (*Canis latrans* Say), gato montés (*Lynx rufus* Schreber), mapache (*Procyon lotor* Linneo), pecarí de collar (*Pecari tajacu* Linneo), puma (*Puma concolor* Linneo) y aves como aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis* Gmelin), halcón mexicano (*Falco mexicanus* Schlegel), gavián

palomero (*Accipiter cooperi* Bonaparte), caracara quebrantahuesos (*Caracara cheriway* Jacquin), carpintero de frente dorada (*Melanerpes aurifrons* Wagler) y correcaminos norteño (*Geococcyx californianus* Lesson) (CONABIO, 2017).

2.4.2. Aguajes artificiales

La UMA cuenta con 33 agujajes artificiales permanentes, 18 en San Juan y 15 en San Vicente, para este estudio se eligieron veinte agujajes al azar, diez en cada sitio con distancias entre ellos que varían entre 0.3 a 9.7 km. (Figura 8). Los agujajes tienen dimensiones y formas distintas; 15 de ellos son cilíndricos y 5 en forma de cono, su capacidad varía entre 1.3 y 18.4 m³. La mayoría (n=18) son de concreto y sólo dos de plástico. Ninguno cuenta con aditamentos para proporcionar sombra artificial, pero la fauna silvestre obtiene protección del sol de las especies arbóreas que los circundan, como el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr) y el huizache (*Vachellia farnesiana* Linneo). La fuente de agua para el llenado de estos agujajes son seis pozos, el agua se distribuye en mangueras por gravedad y el flotador de cada uno de los agujajes regula el nivel y cantidad de agua.

En cada uno de los sitios se seleccionaron 10 agujajes al azar. De cada agujaje se midió el diámetro, profundidad y ancho del bordo con un flexómetro, además se consideraron las características de forma y material de construcción. Esta información se capturó en una base de datos en el software Microsoft Excel ®.

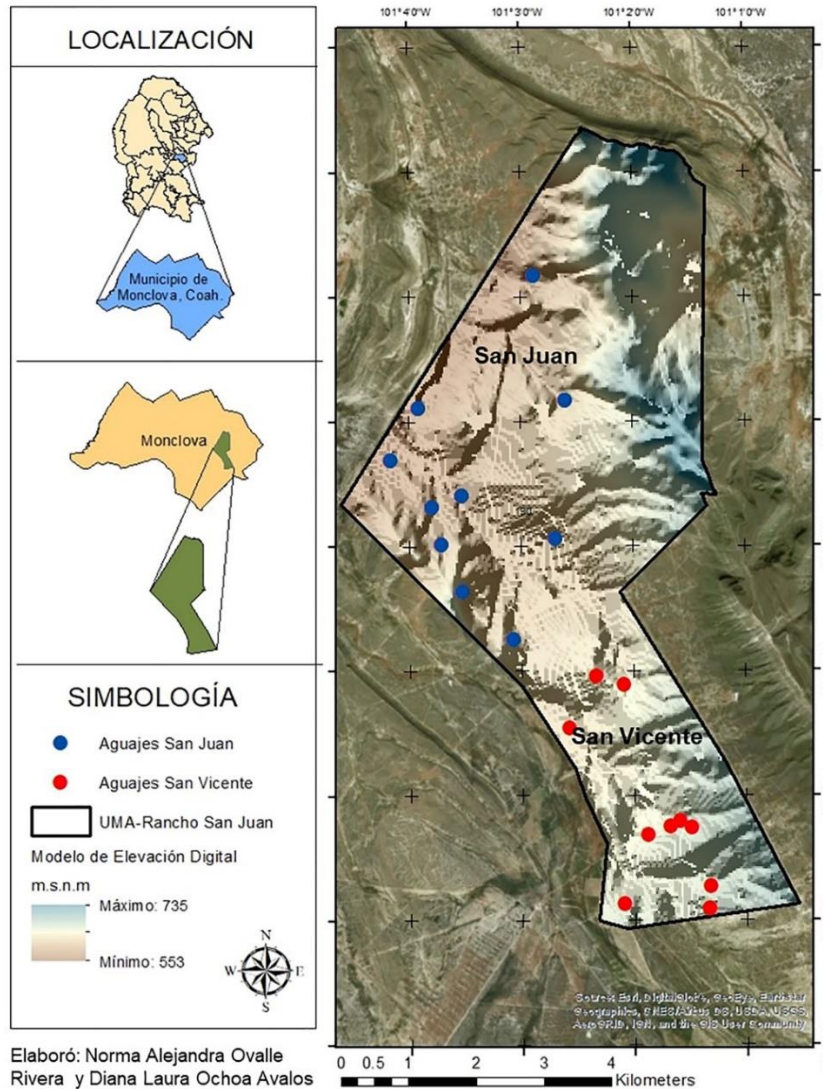


Figura 8. Localización del área de estudio y de los veinte aguajes artificiales estudiados por sitio (San Juan y San Vicente) en la UMA-Rancho San Juan

2.4.3. Calidad del agua

La determinación de la calidad del agua de los aguajes artificiales se realizó tomando en cuenta algunos constituyentes que en exceso afectan la salud de los animales. Por ello se midió la concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb), mercurio (Hg), plata (Ag), zinc (Zn), nitrato (N_2-NO_3) nitrito (N_2-NO_2), cloruro (Cl-), sulfato (SO_4^{2-}) y sulfuro (SO^{2-}) (Rosenstock, Bleich, Rabe y Reggiardo, 2005).

En octubre de 2018 se tomaron cuatro muestras por cada aguaje, cada una con distinto método de preservación según los parámetros a evaluar. Dos muestras fueron de 500 ml, una para evaluar contenido de As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag y Zn y otra para contenido de Cl⁻, N₂-NO₃ y SO₄²⁻. Las otras dos muestras fueron de 100 ml, una para contenido de N₂-NO₂, a esta se le agregaron gotas de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para establecer la muestra a un pH de 2; y la última fue para determinar el contenido de SO₂⁻ a la cual se le agregaron cuatro gotas de acetato de zinc (ZnC₄H₆O₄) 2N y se envolvió en papel aluminio para evitar el contacto con la luz. Las cuatro muestras fueron refrigeradas hasta el momento del análisis (NMX-AA-082-SCFI-1986; NMX-AA-084-SCFI-1998; NMX-AA-073-SCFI-2001; NMX-AA-079-SCFI-2001; NMX-AA-074-SCFI-2014).

Los contenidos de N₂-NO₃, N₂-NO₂, Cl⁻, SO₄²⁻ y SO₂⁻ 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 a las Normas Mexicanas para Análisis de Agua, emitidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI) (cloruro NMX-AA-073-SCFI-2001, nitrito NMX-AA-082-SCFI-1986, nitrato NMX-AA-079-SCFI-2001, sulfato NMX-AA-074-SCFI-2014 y sulfuro NMX-AA-084-SCFI-1998).

Los parámetros 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. Para ello, cada muestra se preparó eliminando la materia orgánica agregando 2.5 ml de ácido nítrico concentrado a un matraz de 50 ml y aforando con la muestra, cada muestra se depositó en tubos Falcon debidamente etiquetados, posteriormente se esterilizaron en una autoclave a 121° C, 21 libras de presión por 15 minutos. Una vez eliminada la materia orgánica, las muestras fueron analizadas en el espectrofotómetro de absorción atómica (Aurora AL 1200), usando estándares comerciales para las curvas de calibración.

2.4.4. Vegetación

Las características de la vegetación circundantes a los sitios de ubicación de agujajes, se determinaron en parcelas circulares (Solís y Gutiérrez, 1990) de 7 metros de radio, medidos desde la base periférica de cada aguaje. En cada uno de ellos se contaron los individuos de cada especie. En las parcelas los individuos con altura \geq a dos metros

fueron seleccionados, y a ellos se les midió su diámetro mayor, menor y altura. Posteriormente, se tomaron muestras de cada especie vegetal y se colocaron en una prensa botánica y se trasladaron al Herbario Isidro Palacios del Instituto de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí para la identificación correspondiente.

2.4.6. Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Para identificar posibles diferencias significativas entre los parámetros medidos en el agua por aguaje, la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$) se llevó a cabo; esta prueba se realizó en el software InfoStat®.

2.4.7. Coeficiente de regresión Poisson

El análisis de coeficiente de regresión Poisson se utilizó para conocer el grado de asociación entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes y las variables evaluadas (n=58; Anexo II): a) calidad de agua, b) físicas del aguaje, c) temperatura, d) humedad relativa y e) vegetación considerando la UMA Rancho San Juan y los sitios San Juan y San Vicente. Este análisis se llevó a cabo en el software R-Studio, y el modelo de cada uno se ajustó mediante Regresión Poisson por pasos hacia atrás (StepWise).

2.4.8. Análisis de correspondencias múltiples

El análisis de correspondencias múltiples (ACM) se utilizó para gráficamente visualizar la relación entre las variables que mayor asociación obtuvieron en el análisis de coeficiente de regresión Poisson. Para ello, cada una de las variables se clasificó las siguientes categorías de rangos: a) bajo=b, b) medio=m y c) alto=a, y este análisis se realizó en el software Xlstat®. Cada variable se identificó con las dos primeras letras de su nombre y añadiendo las letras b, m y a (Anexo III y IV).

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Calidad del agua

En el área de estudio, el agua utilizada para el llenado de los aguajes artificiales proviene de seis pozos, los cuales tienen un número asignado por el personal de la UMA (Cuadro 5). Además, las características fisicoquímicas del agua en cada aguaje pueden variar por la manera en que la fauna silvestre hace uso de ellos. Por ejemplo, es posible que los animales, además de tomar el agua, ingresen al aguaje para refrescarse, y al hacerlo, depositen elementos que alteren su calidad, como es el caso de venados, mapaches, auras o zopilotes, teniendo en cuenta que los dos últimos además pueden traer con ellos patógenos debidos a su consumo de materia orgánica en descomposición.

Cuadro 5. Pozos de los cuales se alimenta cada aguaje en los sitios San Juan y San Vicente en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México.

San Juan		San Vicente	
Pozo	Aguajes	Pozo	Aguajes
17	1,2,4,5,7,8,9,10	1	1,2,3
16	6	6	4,5,6,7
24	3	7	8,9,10

Los contenidos de los parámetros evaluados en cada aguaje fueron distintos con excepción del Hg. En el cuadro 6 y 7 se muestran los resultados de los análisis de agua de los aniones ($\text{N}_2\text{-NO}_3$, $\text{N}_2\text{-NO}_2$, Cl^- , SO_4^{2-} y SO_3^{2-}) y de los metales y metaloides (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Hg, Ag y Zn), respectivamente, acompañados de sus límites permisibles según algunas normas. Los parámetros con mayor variabilidad entre sitios y aguajes fueron Cl^- , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{N}_2\text{-NO}_3$ y $\text{N}_2\text{-NO}_2$. Aunque $\text{N}_2\text{-NO}_3$ y $\text{N}_2\text{-NO}_2$ pueden indicar una contaminación por materia orgánica en el agua (Dirksen, Gründer y Stöber, 2005), el análisis Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas ($p=0.77$) entre los contenidos de los parámetros medidos en el agua por aguaje.

En México no existen normas que especifiquen los límites máximos permisibles relacionados con la calidad de agua para su uso por la fauna silvestre. Una opción es utilizar las normas relacionadas con los sistemas pecuarios. Sin embargo, el único

documento con información para México, es un acuerdo en el que se establecen algunos criterios ecológicos de la calidad del agua (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología [SEDUE], 1989). Este acuerdo, establece algunos límites permisibles de compuestos en el agua para el uso pecuario. De ellos, únicamente incluye seis de los trece evaluados en este estudio. Con base a las especificaciones de este Acuerdo, las concentraciones de As y Cd sobrepasan los niveles máximos permisibles, los cuales son 0.2 mg/L para el As y 0.02 mg/L para el Cd. Las concentraciones de estos dos metales también rebasan los límites especificados en la Guía Canadiense de Calidad Ambiental de Agua para Uso Agrícola Riego y Ganadero (Canadian Council of Ministers of the Environment [CCME], 1993) y en la Guía de Calidad de Agua para Bebida de Animales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (Luque, 2000). De acuerdo a lo especificado en ambas guías, los contenidos de SO_4^{2-} y Hg también rebasan los límites permisibles (Cuadro 6 y 7).

Los elementos que sobrepasaron los límites permisibles en el agua de los aguajes artificiales fueron el As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO_4^{2-} . Los efectos de las concentraciones altas en los animales varían según el elemento: a) Arsénico provoca parálisis, convulsiones, diarreas, pérdida de apetito b) Cadmio causa anemia, abortos, nacimientos con defectos, aumento de mortalidad, c) Mercurio promueve la ataxia, marcha anormal, debilidad muscular, temblores y d) Sulfato provoca un consumo de agua reducido por el rechazo al sabor (Puls, 1988). Estos efectos en las especies de fauna silvestre, son difíciles de detectar en vida libre; sin embargo, estos podrían estar afectando los parámetros reproductivos, productivos y salud de las poblaciones de fauna silvestre (NRC, 2007)

Cuadro 6. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los aguajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los aniones evaluados.

	Aguaje	Parámetros medidos (mg/L)				
		Cl ⁻	N ₂ -NO ₃	N ₂ -NO ₂	SO ₄ ²⁻	SO 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)				
SEDUE (1989)		-	90	10	-	-
CCME (1993)		-	100	10	1000	-
Puls (1988)		<1000	-	-	<500	-
INTA (2000)		7000	100	10	1000	-

-: Dato no disponible.

Cuadro 7. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los aguajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los metales y metaloides evaluados.

	Aguaje	Parámetros medidos (mg/L)							
		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)							
SEDUE (1989)	-	0.2	0.02	0.5	-	-	0.1	-	
CCME (1993)	-	0.025	0.08	-	-	0.003	0.1	50	
Puls (1988)	-	<0.05	<0.01	<1.0	<0.04	-	<0.05	<5.0	
INTA (2000)	-	0.15-0.20	-	-	-	0.01	-	-	

-: Dato no disponible; < al LC: menor al límite de cuantificación del equipo de laboratorio.

De los trece parámetros medidos, cinco sobrepasan los límites permisibles (As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻) en algunos aguajes, en el sitio San Juan esto sucede en el aguaje 3 que se alimenta del pozo 24; en el sitio San Vicente en los aguajes 1, 2 y 3 alimentados por el pozo 7 y el 4, 5, 6 y 7 alimentados por el pozo 6. A pesar de no existir diferencias

significativas entre las cantidades de estos parámetros en toda la UMA, es necesario destacar que el agua proveniente de los pozos 24, 7 y 6 fue la que mayores contenidos de As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻ tuvo. Se recomienda monitorear periódicamente que estos parámetros no sobrepasen los límites permisibles ya que el no cumplimiento de estas normas puede tener como consecuencia afectaciones a la salud animal y en consecuencia a la del hombre.

2.5.2. Vegetación

En la UMA-Rancho San Juan se encontraron en total diecinueve especies vegetales aledañas a los aguajes artificiales, de ellas diecisiete se encontraron en el sitio San Juan y quince en el sitio San Vicente. Cabe mencionar que algunas especies solo fueron encontradas en uno de los dos sitios.

Las especies de mayor frecuencia relativa en cada uno de los sitios (San Juan y San Vicente) y en toda la UMA fueron *Agave lechuguilla* Torr (28.7 %), *Jatropha dioica* Sesse Gaz (15.6 %) y *Prosopis glandulosa* Torr (11.9 %). Sin embargo, en el sitio San Juan, *Opuntia rastrera* F.A.C. Weber también fue común, y en San Vicente *Flourensia cernua* DC y *Vachellia rigidula* (Benth.) Seigler y Ebinger (Cuadro 8).

De las especies vegetales encontradas en los aguajes, *P. glandulosa* y *V. rigidula* proporcionan protección a los venados en sus sitios de echaderos (Mandujano, Gallina y Ortega, 2014), y otras como *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt (Luevano-Esparza, 1991), *L. tridentata*, y especies del género *Vachellia* spp. y *Opuntia* spp. (Ramírez Lozano, 2004) forman parte de su dieta.

Algunos estudios recomiendan que durante la construcción de aguajes artificiales se considere la vegetación circundante a ellos (Cain, *et al.*, 2008; Bleich, 2009), esto dependiendo de la especie y el grado de visibilidad o cobertura requieran para evitar ser depredados.

Cuadro 8. Resultados de análisis de agua (mg/L) de los agujajes artificiales en la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México y sus límites permisibles (mg/L) en cuatro normas para los metales y metaloides evaluados.

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia relativa		
		San Juan	San Vicente	UMA
<i>Prosopis glandulosa</i>	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 antisyphilitica</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

2.5.3. Coeficiente de regresión Poisson

Con análisis de regresión Poisson (ARP) se identificó para toda la UMA asociación entre la frecuencia de visitas con once de las variables medidas (Cuadro 9) con un valor Akaike (AIC)= 216.35, que denota el mejor ajuste del modelo para este caso de análisis. Las dos primeras variables fueron *V. farnesiana*, y *A. lechuguilla*, y la tercera, la altura de la vegetación circundante

Cuadro 9. Resultados del ARP para la asociación entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y once variables medidas en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.

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	51.599	1.365	37.81	<2e-16
Ancho de bordo del agujaje	-223.850	6.026	-37.15	<2e-16
Arsénico (As)	825.880	22.249	37.12	<2e-16
Cadmio (Cd)	1829.987	45.727	40.02	<2e-16
Cloruros (Cl-)	0.010	0.000	34.61	<2e-16
Diámetro del agujaje	-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 (Fe)	-4839.110	134.764	-35.91	<2e-16

En el sitio San Juan la frecuencia de visitas se asoció con seis variables (AIC=590.88), las tres con mayor relevancia fueron las especies *V. farnesiana* y *A. lechuguilla* y la altura de la vegetación (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y seis variables evaluadas en el sitio San Juan, Coahuila, México.

Variab les	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	0.7699156	0.0433338	17.767	< 2e-16
Ancho del bordo del agujaje	-5.2920553	0.3875362	-13.656	< 2e-16
As (Arsénico)	53.5221313	2.466268	21.702	< 2e-16
Cd (Cadmio)	51.9474357	1.6052422	32.361	< 2e-16

En el sitio San Vicente la frecuencia de visitas a los agujajes artificiales se asoció con siete variables (AIC= 110.71). Al igual que en San Juan, las tres variables principales fueron *V. farnesiana* y *A. lechuguilla* y la altura de la vegetación (Cuadro 11).

En este estudio, con los resultados del ARP se encontró asociación entre la frecuencia de visitas a los agujajes artificiales con las variables a) presencia de *V. farnesiana*, b) presencia de *A. lechuguilla*, c) altura de la vegetación aledaña, d) ancho de bordo del agujaje y e) contenido de arsénico en los sitios San Juan y San Vicente en la UMA-Rancho San Juan

Cuadro 11. Resultados del ARP entre la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales y siete variables evaluadas en el sitio San Vicente, Coahuila, México.

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	0.18863	0.03368	5.601	2.13E-08
Ancho del bordo	-7.79855	0.34525	-22.588	< 2e-16
Arsénico (As)	126.61556	3.52293	35.94	< 2e-16
Capacidad del agujaje	0.32092	0.01531	20.958	< 2e-16
Cadmio (Cd)	31.28166	1.67903	18.631	< 2e-16

Entre las variables importantes se encontró la presencia de *V. farnesiana*. En este estudio, la frecuencia de vistas mayor fue por parte del venado cola blanca, que en su dieta incluye especies del género *Vachellia* (Ramírez Lozano, 2004), por lo que la presencia de esta, podría explicar la frecuencia de visitas mayor, pues el venado encuentra alimento y agua en el mismo sitio. Este comportamiento fue descrito para elk (*Cervus elaphus* Linneo) en Arizona, donde la disponibilidad de forraje influyó en la presencia del elk en sitios con disponibilidad de agua (Delgiudice y Rodiek, 1984).

La variable altura de la vegetación puede estar relacionada con el nivel de visibilidad para las especies que utilizan los agujajes artificiales en el área de estudio. La altura de la vegetación ha sido reportada como una variable significativa. Por ejemplo, Sánchez *et al.*, (2007) señalan que la visibilidad determinó, en gran medida, el uso de agujajes artificiales por la fauna silvestre en un sitio con condiciones climáticas similares a las de este estudio en Valladolid, España. Asimismo, Lynn, Chambers y Rosenstock (2006) en el suroeste de Arizona, Desierto de Sonora, observaron que las aves migratorias utilizaron con mayor frecuencia los agujajes con vegetación aledaña, la cual pudo haber sido utilizada como cobertura o como percha. También cabe resaltar que esta vegetación alrededor de los agujajes puede minimizar la evaporación del agua.

En este estudio, el ancho del bordo de los agujajes evaluados varió de 1.2 (en el caso de los agujajes construidos con material plástico) a 27 cm y esta variable resulto entre las cuatro primeras variables relacionadas con el uso el uso de estos por algunas especies de fauna silvestre. Al respecto, O'Brien *et al.*, (2006) recomiendan, además de considerar el ancho del bordo, diseñar los agujajes con rampas para el uso de éstos por aves o mamíferos pequeños.

El contenido de As fue otra variable que se relacionó con la frecuencia de visitas a los agujajes artificiales. Este mineral, en algunos casos sobrepasó los límites permisibles en algunos casos, lo que puede provocar afectaciones en la salud de los animales, por ejemplo, puede provocar parálisis, convulsiones, diarreas o pérdida de apetito (Puls, 1988). Debido a esto, la fauna podría evitar el consumo de agua con cantidades elevadas de este elemento.

2.5.4. Análisis de correspondencias múltiples

Con el análisis de correspondencias múltiples (ACM), para la UMA, se encontró la asociación de la frecuencia de visitas alta (2400-3400 visitas) con el ancho de bordo del agujaje bajo y en menor proporción con el diámetro del agujaje bajo. La frecuencia de visitas media (1400-2400) se relacionó con la presencia baja de *A. lechuguilla*, presencia alta de *V. farnesiana* y diámetro de agujaje alto. Por último, cuando se presentó una frecuencia de visitas baja (400-1400), esta se asoció con la presencia baja de *V. farnesiana* y el contenido medio de cadmio (Figura 9).

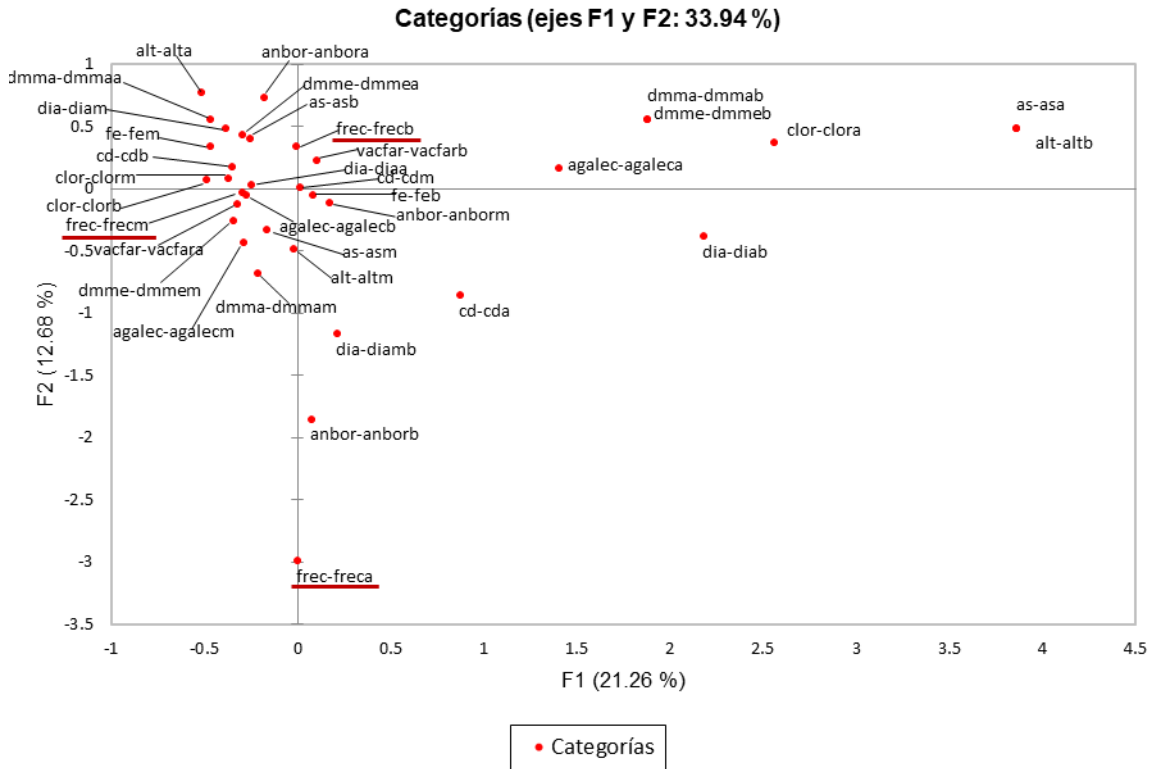


Figura 9. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales en la UMA Rancho San Juan, Coahuila, México.

Para el sitio San Juan, con el ACM se encontró que la frecuencia de visitas alta (2400-3400) se relacionó con el ancho de bordo del agujaje bajo. En los sitios donde se reportó una frecuencia media de visitas (1400-2400) ésta estuvo relacionada con el contenido bajo de As y la presencia baja de *V. farnesiana*. La frecuencia de visitas baja (400-1400) se asoció con el contenido bajo de Cd y la presencia baja de *A. lechuguilla* (Figura 10).

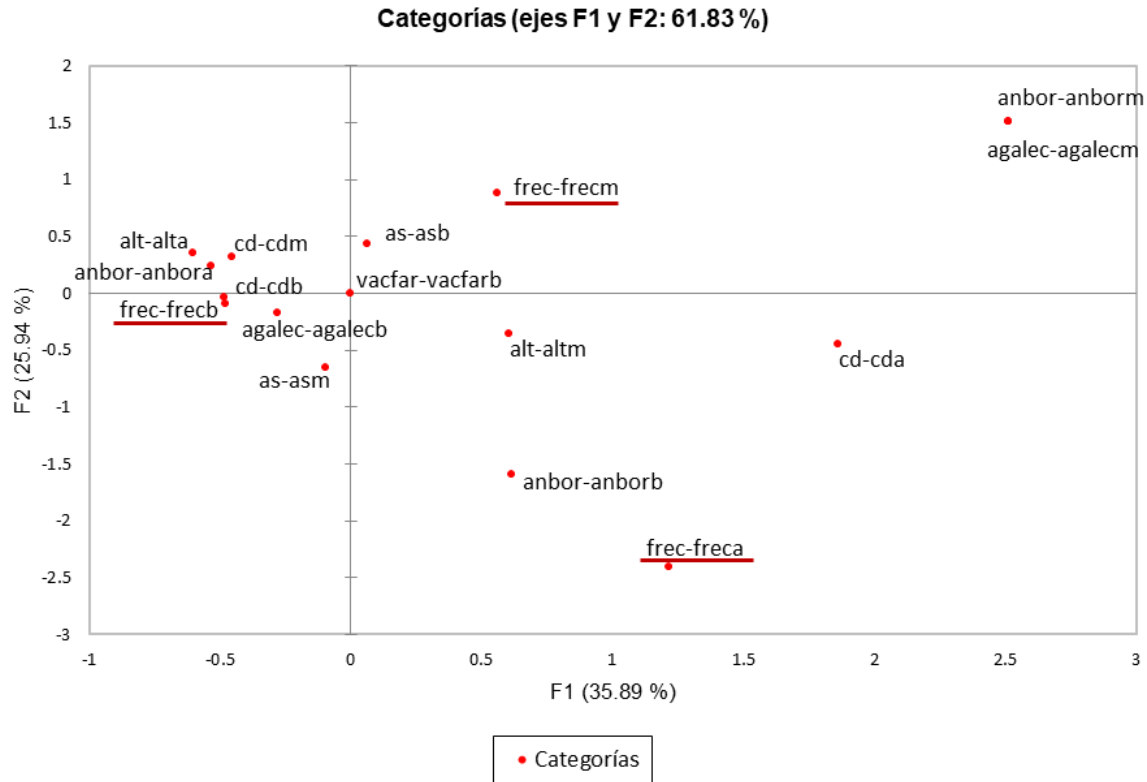


Figura 10. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujeros artificiales en el sitio San Juan, Coahuila, México.

En el sitio 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 (1400-2400) se relacionó con el ancho de bordo medio. Por otro lado, la frecuencia de visitas baja (400-1400) se asoció con contenido medio de Cd y con la presencia baja de *V. farnesiana* (Figura 11).

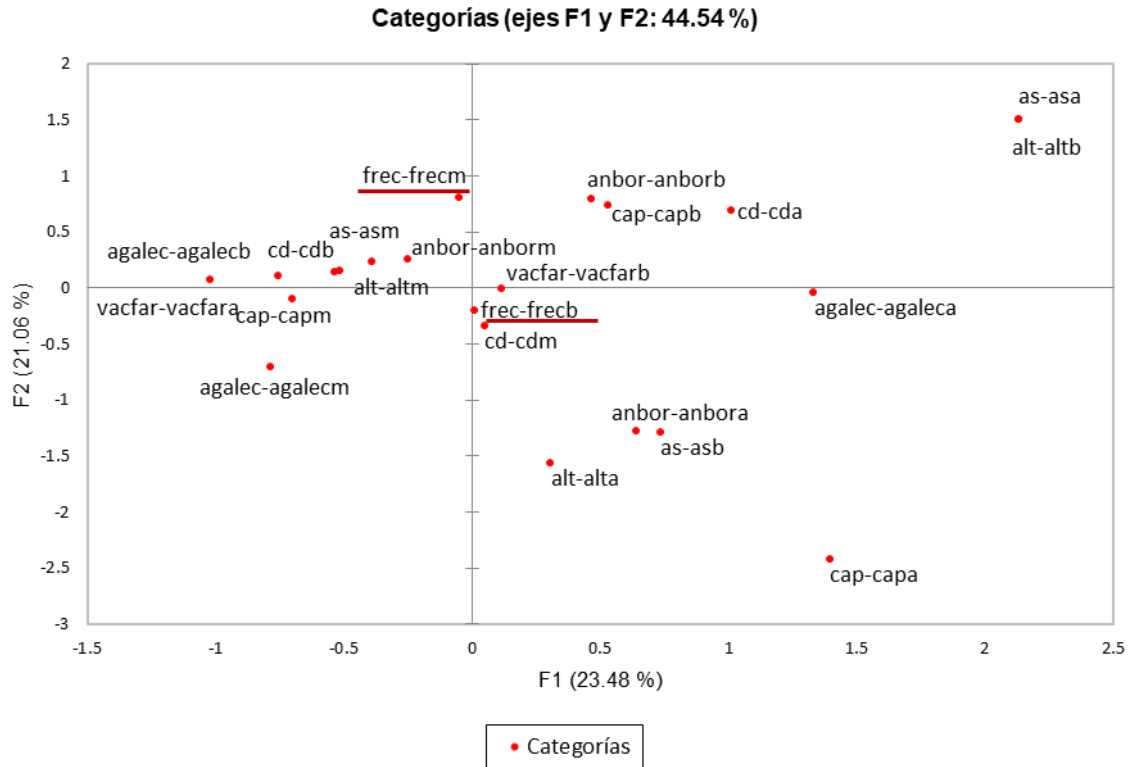


Figura 11. Resultado del ACM donde se observan las variables más relacionadas con la frecuencia de visitas por la fauna silvestre a los agujajes artificiales en el sitio San Vicente, Coahuila, México.

En general, las variables que se relacionaron con la frecuencia de visitas se clasifican en: a) diseño del agujaje, b) vegetación aledaña y c) calidad del agua. La variable bordo del agujaje pertenece al grupo a; ésta se relacionó en su rango bajo (1-10 cm) y medio (10-20 cm) con la frecuencia alta y media, respectivamente, y el diámetro del mismo (3-9 m) para la frecuencia media. Lo anterior puede indicar que la fauna silvestre usó los agujajes mayormente en función de la facilidad de acceso a los mismos. Un bordo con un ancho mayor puede dificultar el acceso al agua para especies de talla pequeña y que no tienen la facilidad de trepar sobre este, como es el caso del pecarí de collar.

En cuanto a las variables de la vegetación aledaña, encontramos que la frecuencia de visitas se relaciona con la presencia de *V. farnesiana*, a mayor presencia de esta, mayor frecuencia de visitas. Este comportamiento en las variables puede sugerir que la frecuencia de visitas aumenta en función de la cantidad de vegetación que rodea a los agujajes. Algunos estudios reportan comportamientos similares; por ejemplo, Cutler y

Morrison (1998) observaron un incremento en el uso de los aguajes atribuyéndolo a la presencia de matorrales densos en su periferia. Asimismo, Lynn *et al.*, (2006) reportaron que las aves migratorias hacen mayor uso cuando los aguajes están rodeados de vegetación alta.

La calidad del agua es un factor controversial, pues no está comprobado que ésta se relacione con el uso del aguaje o con los eventos de enfermedad o mortalidad de la fauna silvestre (Simpson *et al.*, 2011). Sin embargo, en este estudio, dos elementos en sus rangos bajos, As (0.10-0.20 mg/L) y el Cd (0.05-0.06 mg/L), tuvieron relación con la frecuencia de visitas media y baja, respectivamente. Comparando estos rangos de contenido de As y Cd con la norma para México (SEDUE, 1989), 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.

Con base a los resultados, los manejadores de fauna para la construcción de aguajes artificiales, deben tomar en cuenta diversos factores. Uno de ellos es el diseño, el cual debe buscar el uso por la cantidad de especies mayor, incluyendo a las especies no cinegéticas (Krausman, Rosenstock y Cain, 2006). Asimismo, es importante mantener los aguajes en buen estado, pues estos pueden contaminarse por heces o por cualquier otra fuente de materia orgánica (Rosenstock *et al.*, 2005; Bleich *et.al.*, 2006). Finalmente, se recomienda hacer un análisis de las fuentes de agua para la fauna silvestre y asegurarse que es apta para el consumo animal.

2.6. CONCLUSIONES

Las concentraciones de As y Cd en el agua de los agujajes sobrepasaron los niveles máximos permisible por lo que se considera que el agua no es apta para el consumo por la fauna silvestre.

Los pozos 24 (sitio San Juan), 6 y 7 (sitio San Vicente) alimentan los agujajes con más parámetros (As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻) que sobrepasan los límites permisibles según las normas consultadas.

La vegetación circundante a los agujajes se compuso en su mayoría de *J. dioica*, *A. lechuguilla* y *P. glandulosa*.

El uso de agujajes artificiales mayor en toda la UMA, se asoció con cinco variables referentes a la vegetación; dos al diseño de los agujajes y cuatro al contenido de elementos en el agua.

La frecuencia de visitas alta se relacionó en mayor medida con un ancho de bordo entre 1 y 10 cm, presencia alta (10-15 individuos) de *V. farnesiana*, y niveles bajos de los límites permisibles de As y Cd.

Con base en estos resultados se recomienda que los agujajes sean construidos de manera tal que sean utilizados por la mayor cantidad de fauna silvestre, que tengan una cobertura vegetal adecuada, que a su vez no permita cobertura de acecho a depredadores, pero cuyas especies formen parte de los componentes de la dieta de la mayoría de ellas y que se realice un monitoreo de la calidad del agua.

2.7. LITERATURA CITADA

- Bleich, V. C. (2009). Factors to consider when re provisioning water developments used by mountain sheep. *California Fish and Game*, 95(4), 153–159. Obtenido en <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=47329&inline=1>
- Bleich, V. C., Andrew, N. G., Martin, M. J., Mulcahy, G. P., Pauli, A. M., y Rosenstock, S. S. (2006). Quality of water available to wildlife in desert environments: Comparisons among anthropogenic and natural sources. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 34(3), 627–632. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[627:QOWATW]2.0.CO;2
- Broyles, B. (2006). Desert Wildlife Water Developments: Questioning Use in the Southwest. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 23(4), 663–675. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/3782997>
- Cain, J. W., Krausman, P. R., Rosenstock, S. S., y Turner, J. C. (2006). Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), 570–581. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[570:MOTAWB]2.0.CO;2
- Cain, J. W., Krausman, P. R., Morgart, J. R., Jansen, B. D., y Pepper, M. P. (2008). Responses of desert bighorn sheep to removal of water sources. *Wildlife Monographs*, 171, 1–32. doi: 10.2193/2007-209
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (1993). Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses (Irrigation and Livestock Water). Obtenido en <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void>
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). (1977). El Oro G14A53. Consultado 02-10-2019 en <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/default.html#Descargas>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2017) Matorrales. Consultado 26-09-19 en <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral.html>

- Cutler, T. L., y Morrison, M. L. (1998). Habitat use by small vertebrates at two water developments in southwestern Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 43(2), 155-162. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/30055351>
- Delgiudice, G. D., y Rodiek, J. E. (1984). Do Elk need free water in Arizona? *Wildlife Society Bulletin*, 12(2), 142–146. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/3781604>
- Dirksen, G., Gründer, H. D. y Stöber, M. (2005). *Medicina interna y cirugía del bovino* (No. 619: 636.2). Inter-Médica.
- Durón, J. A. C., y Guiza, V. M. (2003). Manejo del agua para ranchos ganaderos en zonas áridas de Baja California. *Inifap*, Publicación Técnica No.2, 24.
- Espino-Barros, V. (2005). Agua de origen vegetal para el venado cola blanca mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 54(206–207), 191–196. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1428341>
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5ta ed.). México: *Instituto de Geografía UNAM*.
- Krausman, P. R., Rosenstock, S. S., y Cain, J. W. (2006). Developed waters for wildlife: Science, perception, values, and controversy. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), 563–569. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[563:DWFWS]2.0.CO;2
- Luevano Esparza, J. (1991). Dietas veraniegas del jabalí, venado, cabra y caballo en la sierra de La Mojonera Vanegas, San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Estado de México, México.
- Luque, J. L. (2000). Calidad de agua para bebida de animales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Lynn, J. C., Chambers, C. L., y Rosenstock, S. S. (2006). Use of Wildlife Water Developments by Birds in Southwest Arizona During Migration. *Wildlife Society*

Mandujano, S., Gallina, S., y Ortega, J. A. (2014). Venado cola blanca en México. En *Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México* (pp. 413–434). México: Colegio de Postgraduados.

NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de agua-Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. (2001). Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-074-SCFI-2014. Análisis de agua-Medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. (2014). Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-079-SCFI-2001. Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. (2001). Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-082-1986. Contaminación del agua-Determinación de nitrógeno de nitrato-Método espectrofotométrico ultravioleta. (1992). Diario Oficial de la Federación.

NMX-AA-084-2008. Análisis de agua. Determinación de sulfuros en aguas naturales y residuales. Método de prueba. (2008). Diario Oficial de la Federación.

National Research Council [NRC] (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academic Press, Washington, DC.

O'Brien, C. S., Waddell, R. B., Rosenstock, S. S., y Rabe, M. J. (2006). Wildlife Use of Water Catchments in Southwestern Arizona. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3), 582–591. doi: 10.2193/0091-7648(2006)34[582:WUOWCI]2.0.CO;2

- Puls, R. 1988. Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic Data. Sherpa International, Clearbrook, BC.
- Ramírez Lozano, R. G. (2004). Nutrición del venado cola blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Fundación Produce. Nuevo León, Monterrey, México.
- Rzedowski J. (1978). Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Robinson, L.W. y Bolen G. (1989). *Wildlife ecology and management* (2a ed.). USA: Macmillan.
- Rosenstock, S. S., Ballard, W. B., y Devos, J. C. (1999). Viewpoint: Benefits and impacts of wildlife water developments. *Journal of Range Management*, 52(4), 302-311. doi: 10.2307/4003538
- Rosenstock, S. S., Bleich, V. C., Rabe, M. J., y Reggiardo, C. (2005). Water quality at wildlife water sources in the Sonoran Desert, United States. *Rangeland Ecology & Management*, 58(6), 623-627. doi: 10.2111/04-130R1.1
- Sánchez, C., Gaudioso, V. R., Alonso, M. E., Pérez, J. A., Prieto, R., Díez, C., ... Bartolomé, D. J. (2007). Valoración del consumo de agua y presencia de la fauna silvestre en bebederos artificiales en un entorno mediterráneo continental seco. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, (20), 11–30. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10396/3958>
- Sargeant, G. A., Oehler, M. W., y Sexton, C. L. (2014). Use of water developments by female elk at Theodore Roosevelt National Park, North Dakota. *California Fish and Game*, 100(3), 538-549. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/270452946_Use_of_water_developments_by_female_elk_at_Theodore_Roosevelt_National_Park_North_Dakota
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). (1989). *Acuerdo de Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89*. Diario Oficial de la Federación.

- Simpson, N. O., Stewart, K. M., y Bleich, V. C. (2011). What have we learned about water developments for wildlife? Not enough! *California Fish and Game*, 97(4), 190–209. Obtenido en <https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=46488&inline=1>
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). (2018). Información Estadística Climatológica Consultado 10-10-2018 en <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Smit, B., Woodborne, S., Wolf, B. O., y McKechnie, A. E. (2019). Differences in the use of surface water resources by desert birds are revealed using isotopic tracers. *The Auk Ornithological Advances*, 136(1), 1–13. doi: 10.1093/auk/uky005
- Solís, D. M., y Gutiérrez, R. J. (1990). Summer habitat ecology of Northern Spotted Owls in Northwestern California. *The Condor*, 92(3), 739. doi: 10.2307/1368693
- Vargas, M., Tarango, L.A., Loera, J., Olguín C.A., (2000). Uso de fuentes de agua por el borrego cimarrón en Rancho El Plomito, Sonora, México. *Seminario de avances de investigación, Recursos Naturales y Ecología*.

CONCLUSIONES GENERALES

El uso de veinte agujeros artificiales por la fauna silvestre, se monitoreó durante un año mediante fototrampeo en la UMA-Rancho San Juan. Coahuila, México.

- Cincuenta y cuatro especies de fauna silvestre, cuarenta aves y catorce mamíferos hicieron uso de agujeros en la UMA-Rancho San Juan. En el sitio San Juan se encontraron trece mamíferos y treinta y siete aves, mientras que en San Vicente diez mamíferos y veinticinco aves.
- Los órdenes que más utilizaron los agujeros fueron Artiodactyla, Carnívora y Passeriformes, y las especies que más visitas hicieron fueron *Odocoileus virginianus* Z. (33 %), *Procyon. lotor* L. (19 %) y *Pecarí. tajacu* L. (8 %).
- Se identificaron cinco especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuatro en la categoría de Protección especial (*Accipiter striatus*, Vieillot; *Accipiter cooperii*, Bonaparte, *Parabuteo unicinctus*, Temminck, *Geranoaetus albicaudatus*, Vieillot) y una como Amenazada. (*Taxidea taxus*, Schreber).
- Con base a los resultados del estimador Jackknife 1 el fototrampeo logró capturar el 72 % de las especies potenciales en el área de estudio.
- La primavera fue la estación con mayores visitas, la cual presentó una temperatura, humedad relativa máxima y precipitación de 36 °C, 80 % y 31mm, respectivamente. La mayor actividad de uso se registró durante horarios diurnos y crepusculares.
- Se encontraron diferencias estadísticas para la riqueza por agujero.
- Se evaluó el contenido de trece elementos en el agua y estos no resultaron estadísticamente diferentes.
- Las concentraciones de As, Cd, Hg, Cl⁻ y SO₄²⁻ en el agua de los agujeros alimentados por los pozos 24 (sitio San Juan), 6 y 7 (sitio San Vicente) sobrepasaron los niveles máximos permisibles.
- Se identificaron diecinueve especies vegetales aledañas a los agujeros artificiales y las especies con mayor frecuencia fueron *Jatropha dioica*, *Agave lechuguilla* y *Prosopis glandulosa*.

- La frecuencia de visitas mayor en toda la UMA se encontró asociada a cinco variables referentes a la vegetación, dos al diseño de los aguajes y cuatro al contenido de elementos en el agua.
- La frecuencia de visitas alta se relacionó en mayor medida con un ancho de bordo entre 1 y 10 cm, presencia alta (10-15 individuos) de *V. farnesiana*, y niveles bajos de los límites permisibles de As y Cd.

Los resultados de este estudio pueden ser utilizados para diseñar, construir y mantener aguajes artificiales en las zonas áridas y semiáridas de México.

Anexo I. Especies de especies de fauna silvestre registradas mediante fototrampeo e identificadas

Mamíferos			
Número	Especie	Familia	Orden
1	<i>Canis latrans</i>	Canidae	Carnívora
2	<i>Didelphis virginiana</i>	Didelphidae	Didelphimorphia
3	<i>Ictidomys parvidens</i>	Sciuridae	Rodentia
4	<i>Lepus californicus</i>	Leporidae	Lagomorpha
5	<i>Lynx rufus</i>	Felidae	Carnívora
6	<i>Mephitis mephitis</i>	Mephitidae	Carnívora
7	<i>Odocoileus virginianus</i>	Cervidae	Artiodactyla
8	<i>Pecari tajacu</i>	Tayassuidae	Artiodactyla
9	<i>Procyon lotor</i>	Procyonidae	Carnívora
10	<i>Puma concolor</i>	Felidae	Carnívora
11	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Leporidae	Lagomorpha
12	<i>Taxidea taxus</i>	Mustelidae	Carnívora
13	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Canidae	Carnívora
14	<i>Xerospermophilus spilosoma</i>	Sciuridae	Rodentia

Aves			
Número	Especie	Familia	Orden
1	<i>Accipiter cooperii</i>	Accipitridae	Accipitriformes
2	<i>Accipiter striatus</i>	Accipitridae	Accipitriformes
3	<i>Amphispiza bilineata</i>	Passerellidae	Passeriformes
4	<i>Anas platyrhynchos</i>	Anatidae	Anseriformes
5	<i>Ardea herodias</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
6	<i>Bubo virginianus</i>	Strigidae	Strigiformes
7	<i>Buteo jamaicensis</i>	Accipitridae	Accipitriformes
8	<i>Buteo swainsoni</i>	Accipitridae	Accipitriformes
9	<i>Calamospiza melanocorys</i>	Passerellidae	Passeriformes
10	<i>Callipepla squamata</i>	Odontophoridae	Galliformes
11	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Troglodytidae	Passeriformes

12	<i>Caracara cheriway</i>	Falconidae	Falconiformes
13	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardinalidae	Passeriformes
14	<i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardinalidae	Passeriformes
15	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	Cathartiformes
16	<i>Chondestes grammacus</i>	Passerellidae	Passeriformes
17	<i>Circus hudsonius</i>	Accipitridae	Accipitriformes
18	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	Cathartiformes
19	<i>Corvus corax</i>	Corvidae	Passeriformes
20	<i>Falco sparverius</i>	Falconidae	Falconiformes
21	<i>Geococcyx californianus</i>	Cuculidae	Cuculiformes
22	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Accipitridae	Accipitriformes
23	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Fringillidae	Passeriformes
24	<i>Icterus cucullatus</i>	Icteridae	Passeriformes
25	<i>Icterus parisorum</i>	Icteridae	Passeriformes
26	<i>Lanius ludovicianus</i>	Laniidae	Passeriformes
27	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Picidae	Piciformes
28	<i>Mimus polyglottos</i>	Mimidae	Passeriformes
29	<i>Parkesia noveboracensis</i>	Parulidae	Passeriformes
30	<i>Passerina caerulea</i>	Cardinalidae	Passeriformes
31	<i>Passerina ciris</i>	Cardinalidae	Passeriformes
32	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Passerellidae	Passeriformes
33	<i>Spizella passerina</i>	Passerellidae	Passeriformes
34	<i>Streptopelia decaocto</i>	Columbidae	Columbiformes
35	<i>Sturnella neglecta</i>	Icteridae	Passeriformes
36	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Mimidae	Passeriformes
37	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tyrannidae	Passeriformes
38	<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Icteridae	Passeriformes
39	<i>Zenaida macroura</i>	Columbidae	Columbiformes
40	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Passerellidae	Passeriformes

Anexo II. Variables medidas y sus abreviaturas en los agujajes artificiales de la UMA-Rancho San Juan, Coahuila, México

	Variable	Abreviatura
Aguaje	Frecuencia de visitas	frec
	Diámetro	dia
	Profundidad	prof
	Capacidad	cap
	Ancho de bordo	anbor
	Material	mat
	Visibilidad	vis
Climáticas	Temperatura máxima primavera	temapri
	Temperatura máxima verano	temaver
	Temperatura máxima otoño	temaoto
	Temperatura máxima invierno	temainv
	Temperatura mínima primavera	temipri
	Temperatura mínima verano	temiver
	Temperatura mínima otoño	temioto
	Temperatura mínima invierno	temiinv
	Humedad relativa máxima primavera	hrmapri
	Humedad relativa máxima verano	hrmaver
	Humedad relativa máxima otoño	hrmaoto
	Humedad relativa máxima invierno	hrmainv
	Humedad relativa mínima primavera	hrmipri
	Humedad relativa mínima verano	hrmiver
Humedad relativa mínima otoño	hrmioto	
Humedad relativa mínima invierno	hrmiinv	
Vegetación	<i>Prosopis glandulosa</i>	progla
	<i>Rhamnus humboldtiana</i>	rhahum
	<i>Larrea tridentata</i>	latri
	<i>Vachellia farnesiana</i>	vacfar
	<i>Opuntia rastrera</i>	opuras
	<i>Agave lechuguilla</i>	agalec
	<i>Jatropha dioica</i>	jatdi
	<i>Aloysia gratissima</i>	alogra
	<i>Atriplex canescens</i>	atrican
	<i>Tamarix gallica</i>	tamgal
	<i>Schinus molle</i>	shimol
<i>Fouquieria splendens</i>	fouspl	

	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	cyllep
	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	eupant
	<i>Flourensia cernua</i>	floucer
	<i>Vachellia rigidula</i>	vacrig
	<i>Yuca spp</i>	yucsp
	<i>Agave spp.</i>	agasp
	<i>Mammillaria spp.</i>	mamsp
	Diámetro menor	dmme
	Diámetro mayor	dmma
	Altura	alt
Calidad de agua	Cloruro	clor
	Nitrato	nitra
	Nitrito	nitri
	Sulfato	sulfa
	Sulfuro	sulfu
	Plata	ag
	Arsénico	as
	Cadmio	cd
	Cobre	cu
	Hierro	fe
	Mercurio	hg
	Plomo	pb
	Zinc	zn

Anexo III. Variables que resultaron asociadas a la frecuencia de visitas en el análisis de correlación de Poisson, y abreviaturas para cada intervalo dado.

Variable	Intervalo		
	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 agujaje	diaa	diam	diab
Ancho del bordo del agujaje	anbora	anborm	anborb
Capacidad del agujaje	capa	capm	capb
Arsénico (As)	asa	asm	asb
Cadmio (Cd)	cda	cdm	cdb
Hierro (Fe)	fea	fem	feb
Cloruros (Cl ⁻)	clora	clorm	clorb

Anexo IV. Clasificación en intervalo para las variables obtenidas del análisis de regresión Poisson

Variables	Unidades	Intervalo		
		Bajo	Medio	Alto
Frecuencia de visitas	No. de observaciones por aguaje	400-1400	1400-2400	2400-3400
<i>Vachellia farnesiana</i>	No. de individuos por aguaje	0-5	5-10	10-15
<i>Agave lechuguilla</i>	No. de individuos por aguaje	0-25	25-50	50-75
Diámetro mayor de la vegetación	m	1-2.5	2.5-4	4-5.5
Diámetro menor de la vegetación	m	1-2.5	2.5-5	5-7.5
Altura de la vegetación	m	1.5-2-5	2.5-3.5	3.5-4.5
Diámetro del aguaje	m	1-3	3-6	3-9
Ancho del bordo del aguaje	m	0.01-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3
Capacidad del aguaje	m ³	1-8	8-16	16-24
Arsénico (As)	mg/L	0.10-0.20	0.20-0.30	0.30-0.40
Cadmio (Cd)	mg/L	0.05-0.06	0.06-0.7	0.07-0.08
Hierro (Fe)	mg/L	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	1-1000	1000-2000	2000-3000