



CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Presa La Juventud, sitio potencial para observación de aves
- El Jardín Botánico Efraím Hernández Xolocotzi
- **Agave espadín como posible recurso para comunidades ixtleras**
- Fenología reproductiva de *Mammillaria heyderi* Muehlenpf. y *Mammillaria sphaerica* A. Dietr.



Año 24,
Número 105
enero - febrero 2021

ISSN: 2007-1175

Agave espadín (*Agave striata* Zucc.), un posible recurso para las comunidades ixtleras de Nuevo León

Gretta Rebeca Núñez Guzmán,* Jorge Luis Hernández Piñero,* Alejandra Rocha Estrada,* Rahim Foroughbakhch Pournavab,* Sergio Moreno Limón*

DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl24.105-1>

RESUMEN

Los agaves son componentes de los matorrales; el *Agave lechuguilla* representa significancia económica y cultural constituyendo sustento para las familias, pero ha sido sobreexplotado, lo que hace necesario evaluar especies alternativas para el aprovechamiento. *Agave striata* podría ser ese recurso. Se realizaron muestreos dirigidos en cuatro localidades del estado. La mayor cantidad de plantas (351) se presentó en “La Popa”. Las plantas más altas (64.5 cm) en “La Bolsa”. El mayor número de hojas (848) en “La Presa”. La mayor longitud de las hojas en “La Bolsa”. Los ejemplares de Mina parecen más apropiados para realizar el aprovechamiento *A. striata*.

Palabras clave: agave, lechuguilla, espadín, ixtle, forestal.

Más de 50% de los hábitats de México se clasifican como zonas áridas y semiáridas, en las que la vegetación son los matorrales que representan ecosistemas de vital importancia. Son altamente productivos y muchas de sus especies han sido aprovechadas. En ellos, el género *Agave* posee gran importancia económica y cultural; sus especies se han utilizado como fuente de alimento, bebida y fibras (Agared, 2017). El aprovechamiento fibroso es particularmente importante para la zona noreste del país conocida como “zona ixtlera” que comprende 135,000 km² del semidesierto del norte de México, abarcando 36 municipios de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí (Sema, 2017).

En Nuevo León, 80% del territorio pertenece a las comunidades de matorral y en ellas un gran número de comuni-

ABSTRACT

Agave lechuguilla is an element of the bush scrub of economic and cultural significance to the inhabitants of the areas where this type of vegetation settles. The overexploitation of this resource makes it necessary to evaluate the use of alternative Agavaceae species for family sustenance in those regions. In this work we analyzed the use of *Agave striata* for this purpose. Sampling of individuals of this species was carried out in four localities of Nuevo Leon State in Mexico. The largest number of plants (351) was presented in “La Popa” location. The tallest plants (64.5 cm) were found in “La Bolsa”. The largest number of leaves (848) in “La Presa”. The longest length of the leaves in “La Bolsa”. It was found that specimens from “La Popa” seem more suitable for harvesting *A. striata*.

Keywords: Agave, Lechuguilla, Espadín, Ixtle, Forestal.

dades rurales se dedican a la explotación ixtlera, distribuidas en Dr. Arroyo, Mier y Noriega, Galeana, General Zaragoza, Mina, Aramberri, Iturbide, Rayones, García, Santiago y Santa Catarina, en los que 105 ejidos cuentan con permiso para la explotación, pero se sabe que aproximadamente 307 son los que la realizan (Sagarpa/Promercado, 2009; Sema 2017). La disminución en las poblaciones de lechuguilla ha obligado a los talladores a recolectar en sitios cada vez más lejanos y ha propiciado el aprovechamiento de ejemplares jóvenes, menores a 40 cm, lo que dificulta la regeneración natural, acelera la degradación del hábitat y representa una gran pérdida económica para los recolectores (Reyes-Agüero *et al.*, 2017).

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: sergio.moreno@uanl.mx

El espadín (*A. striata*), una de las 19 especies de agaves reportadas para Nuevo León, forma una roseta globosa de hasta 1 m de altura, compuesta por cientos de hojas muy estrechas y rígidas; según las condiciones climáticas, las hojas pueden variar del verde grisáceo hasta tonos rojizos, pueden ser rectas o ligeramente curvadas hacia arriba y van desde los 35-40 hasta los 60-80 cm de longitud. Presenta una amplia distribución en el estado y se reporta el uso de sus fibras para la fabricación de cepillos de fibra dura (Bravo-Marentes, 1999, Torres García *et al.*, 2019). Esta especie suele encontrarse en estrecha asociación con las comunidades de lechuguilla, por lo que su recolección no implicaría un desplazamiento excesivo de los talladores. Es también una de las pocas agaváceas no monocárpicas, lo que permite una reproducción más acelerada (Gentry, 1982).

Ampliar el conocimiento de especies con fines de explotación textil y fibrosa permitiría una rotación de recursos que liberen la presión de las poblaciones de especies sobreexplotadas, además de incrementar el número de recursos a los que se tenga acceso. Lo que promovería un aprovechamiento sustentable de los recursos y la conservación de la biodiversidad. Por lo anterior, se realizó una comparación morfoanatómica entre individuos de diferentes localidades (figura 1) dentro de la zona ixtlera de Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio



Figura 1. Sitios de muestreo (fuente: elaboración propia).

Se llevó a cabo en cuatro sitios pertenecientes a la región ixtlera del estado de Nuevo León. Los sitios denominados como “La Carroza” (LC) y “La Popa” (LP), en el municipio de Mina, entre las coordenadas 26.113379 N, -100.654498 W y 26.14958 N, -100.8154 W, respec-

tivamente. Los sitios de “La Bolsa” (LB) y “La Presa” (LPr) se localizan en el municipio de Dr. Arroyo, en las coordenadas 23.71737 N, -100.00152 W y 23.58756 N, -99.9711 W, respectivamente.

Los muestreos se realizaron en la primavera y verano de 2019, de manera dirigida, se seleccionaron sitios en los que se encontró *A. striata* y se establecieron parcelas circulares de 20 m de diámetro en cada una de las localidades. Los mencionados municipios fueron seleccionados debido a que éstos presentan condiciones climáticas distintas (tabla I), de igual forma, presentaban distintas altitudes (figura. 1).

Tabla I. Condiciones climatológicas de los municipios (Inegi, 2017).

	Mina, N.L.	Dr. Arroyo, N.L.
Clima (Köppen y Geiger)	BWh muy seco semicálido	BSh semiseco semicálido
Temperatura media anual	21.8° C	19° C
Temperatura máxima	40°C	30°C
Temperatura mínima	-5°C	-8°C
Precipitación	311 mm	476 mm

Determinación del tipo de vegetación y análisis de parámetros poblacionales

Para cada sitio se estableció una parcela circular de 20 m de diámetro, sumando en total cuatro sitios (dos en Dr. Arroyo (LB y LPr) y dos en Mina (LC y LP)). En cada sitio se determinó el tipo de vegetación con base en lo mencionado por Rojas-Mendoza (1965). Se analizaron las especies y asociaciones encontradas en cada uno y se cuantificó el número total de ejemplares de *A. striata*. Se determinaron los parámetros dasométricos de altura (cm) y cobertura (cm) para cada individuo, se cuantificó la cobertura total de las colonias (m) y su número total de integrantes.

Análisis morfométrico

En cada sitio se seleccionaron seis individuos para representar las variaciones morfológicas exhibidas por los ejemplares. En cada ejemplar se evaluó la altura, cobertura y número total de hojas, de cada uno se seleccionaron tres hojas de la

parte externa de la roseta, tres de la parte media y tres del cogollo. En cada una de las hojas se midió 1) longitud total de la hoja, 2) ancho de la base de la hoja, 3) ancho de la hoja en la porción central y 4) ancho de hoja en el ápice.

Análisis de datos

Para la evaluación de los parámetros morfométricos obtenidos de los seis individuos de cada sitio (24 ejemplares en total) se realizó un análisis estadístico de ANOVA y una comparación múltiple de medias por medio de la prueba de Tukey. Los análisis se llevaron a cabo en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) con un nivel de confianza de 0.05%.

RESULTADOS

Tipo de vegetación

El sitio “La Presa” presentó un tipo de vegetación correspondiente al matorral rosetófilo, destacando la presencia de *A. lechuguilla*, *A. striata* y *Hechtia glomerata*. Otras especies fueron *Ferrocactus pilosus*, *Dasyllirion berlandieri*, *Larrea tridentata*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Echinocactus platyacanthus*, *Mimosa zygophylla*, *Mammillaria formosa*, *Neolloydia conoidea* y *Astrophytum myriostigma*, entre otras. Dentro de los límites establecidos para la unidad de muestreo se cuantificaron 98 ejemplares y se midieron 24 colonias, conformadas por un promedio de 3.6 individuos.

En “La Bolsa”, el tipo de vegetación correspondió a matorral micrófilo y rosetófilo, las especies dominantes son *L. tridentata*, *Prosopis glandulosa*, *A. lechuguilla*, *H. glomerata* y *Yucca filifera*. Otras especies fueron *Opuntia engelmannii*, *Cylindropuntia leptocaulis*, *C. imbricata* y *Tillandsia recurvata*. Dentro de los límites establecidos se cuantificaron 56 individuos y se contaron ocho colonias conformadas por siete individuos.

En “La Carroza” se encontró una vegetación de matorral micrófilo cuyas especies dominantes son *L. tridentata* y *Fouquieria splendens*. Otras especies son *A. lechuguilla*, *H. texensis*, *Echinocactus horizonthalonius*, *Echinocereus*

stramineus, *O. microdasys*, *Jatropha dioica*, *A. scabra*, *Echinocereus pectinatus*, *Grusonia bulbispina*, *Coryphantha echinus*, *Epithelanta micromeris*, *Ibervillea tenuisecta*. Se contaron 136 individuos, distribuidos en diez colonias conformadas por 13.4 individuos en promedio.

Por último, en “la Popa”, el tipo de vegetación se determinó como matorral rosetófilo, las especies dominantes fueron *A. lechuguilla*, *A. striata* y en menor medida *H. texensis*. Otras especies fueron *Echinocactus horizonthalonius*, *O. microdasys*, *Prosopis glandulosa*, *Vachellia rigidula*, *Astrophytum capricorne*, *Guaiacum angustifolium*, *Castela erecta*, *Flourensia cernua*. Se encontraron 351 individuos, el mayor número de ejemplares de todos los sitios y se contabilizó un total de 33 colonias con 10.6 individuos por colonia.

Parámetros morfométricos

Altura y número de hojas

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla II. De acuerdo a los resultados del ANOVA se observó que en la Altura existe diferencia altamente significativa (F:10.40, $\alpha < 0.01$) entre los individuos de las cuatro localidades; el análisis de Tukey agrupa a los ejemplares provenientes de LC y LPr y a los de las localidades de LP y LB en un grupo estadístico que muestra alturas medias muy similares a pesar de encontrarse en diferentes municipios. El Número de hojas por individuo mostró alta variabilidad, no sólo entre los individuos, sino también entre los sitios de ambos municipios. El análisis de ANOVA muestra que la media del número de hojas que presentan los individuos entre las localidades es significativamente diferente (F: 52.47, $\alpha < 0.01$), sin embargo, destaca el caso de la localidad de LPr en la que los ejemplares presentaron un mayor número de hojas (848.67). Esto concuerda con el análisis de Tukey en el que se determinó que LB, LC y LP forman un grupo estadístico homogéneo y LPr se ubica en su propio grupo estadístico.

Medidas de las hojas externas

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. En la Longitud total, el ANOVA mostró diferencia significativa (F:33.85, $\alpha < 0.01$) entre los ejemplares de las localidades, el análisis de Tukey sólo agrupa a los de LP y LB

dentro de un grupo estadístico homogéneo. Del mismo modo, el Ancho de la hoja en la base presentó diferencia significativa (F:38.89, $\alpha < 0.01$) entre las localidades, sin embargo, la prueba de Tukey muestra que sólo la localidad de LPr se agrupa en un conjunto estadístico, mientras que la localidad de LB se encuentra dentro de dos grupos estadísticos, junto con LP y LC. El Ancho de la hoja en la parte media también mostró diferencia significativa (F:50.02, $\alpha < 0.01$) entre las medidas de las localidades, y el análisis de Tukey mostró la formación de tres grupos estadísticos diferentes. Como era de esperarse, LP y LPr se encuentran cada uno en su propio grupo estadístico, mientras que las medidas más uniformes de LB y LC se ubican dentro de un mismo grupo. Finalmente, el Ancho de la hoja en el ápice también mostró diferencia significativa (F:8.20, $\alpha < 0.01$) entre las medidas de las localidades según la prueba de ANOVA, en tanto que la prueba de Tukey señala que existen dos grupos estadísticos homogéneos, el primero formado por los ejemplares de LC y LP y el segundo por LPr y LB.

Medidas de las hojas medias

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. Con base en los resultados del ANOVA para la Longitud total, se encontró que existe diferencia significativa (F:30.36, $\alpha < 0.01$) entre las medidas de las localidades, mientras que la prueba de Tukey señala la formación de tres grupos estadísticos, agrupando sólo a las localidades de LB y LP. Del mismo modo, se encontró que el Ancho de la base arroja diferencia significativa (F:28.95, $\alpha < 0.01$) entre las localidades, en tanto que la prueba de Tukey concentra en diferentes grupos estadísticos a las localidades de LC y LB y a las de LPr y LP. Para el Ancho de la hoja en su parte media el ANOVA mostró que existe diferencia significativa (F:55.12, $\alpha < 0.01$) entre las medidas de los sitios de colecta, sin embargo, la prueba de Tukey agrupa los sitios de LC y LB dentro de un grupo estadístico homogéneo. Del mismo modo, para el Ancho de la hoja en el ápice el ANOVA arrojó diferencia significativa (F: 14.62, $\alpha < 0.01$) entre las medidas de las localidades, en tanto que la prueba de Tukey mostró que los datos pueden agruparse en tres grupos estadísticos diferentes: el primero formado por las comunidades de la LPr y LB, otro por la LB y LC y otro por LC y LP.

Tabla III. Valores promedio para las medidas de las hojas a diferentes niveles, evaluados en cuatro sitios de muestreo.

Parametros	Municipio/sitio			
	Mina		Dr. Arroyo	
	La Popa (LP)	La Carroza (LC)	La Bolsa (LB)	La Presa (LPr)
Medidas de las hojas externas				
Longitud total (cm)	58.92a	45.72b	62.24a	30.22c
Ancho de la hoja en la base (cm)	4.66a	4.05b	4.61ab	2.63c
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.27a	0.95b	0.94b	0.63c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.50a	0.53 ^a	0.45b	0.33b
Mediadas de las hojas medias				
Longitud total (cm)	58.70a	45.3b	60.97a	30.35c
Ancho de la hoja en la base (cm)	4.53a	3.56b	4.10b	2.56c
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.2a	0.85b	0.84b	0.61c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.49a	0.43ab	0.30bc	0.37c
Medidas de las hojas del cogollo				
Longitud total (cm)	54.52a	45.80b	57.25a	29.04c
Ancho de la hoja en la base (cm)	3.85a	2.85b	2.05c	2.28bc
Ancho de la hoja en la parte media (cm)	1.16a	0.78b	0.75c	0.60c
Ancho de la hoja en el ápice (cm)	0.47a	0.42ab	0.38b	0.26c

Tabla II. Valores promedio para los parámetros morfométricos evaluados en cuatro sitios de muestreo.

Parámetros	Municipio/sitio			
	Mina		Dr. Arroyo	
	La Popa (LP)	La Carroza (LC)	La Bolsa (LB)	La Presa (LPr)
Altura (cm)	60.83b	46.50 ^a	64.50b	43a
Número de hojas	108.17a	184.17a	173.33 ^a	848.67b

Medidas de las hojas del cogollo

Los valores promedio para estas mediciones se presentan en la tabla III. El ANOVA mostró diferencia significativa ($F:31.08$, $\alpha<0.01$) para la Longitud total de las hojas en las localidades, en tanto que el análisis de Tukey señala que los datos pueden agruparse en tres conjuntos estadísticos, resaltando aquél en el que se concentran juntas a las localidades de LP y LB. El Ancho de la base presentó diferencia significativa ($F:14.39$, $\alpha<0.01$) entre el ancho de las bases de las hojas entre las localidades, mientras que la prueba de Tukey señala que se agrupan en tres diferentes conjuntos estadísticos, uno compuesto por LPr y LB, otro por LPr y LC y otro más por LP únicamente. Para el Ancho de la hoja en su parte media los resultados del ANOVA mostraron diferencia significativa ($F:43.91$, $\alpha<0.01$) entre las medidas de las localidades, en tanto que la prueba de Tukey mostró que los datos pueden agruparse en tres grupos estadísticos, uno formado por las localidades de LB y LC y los otros dos por las localidades restantes. Finalmente, para el Ancho de la hoja en el ápice, el ANOVA muestra diferencia significativa ($F:43.03$, $\alpha<0.01$) entre las medidas de los ejemplares, mientras que la prueba de Tukey señala que se forman tres grupos estadísticos, uno conformado por LB y LC, otro por LP y LC y por último LPr.

DISCUSIÓN

En todos los casos, las pruebas estadísticas mostraron diferencia significativa en la morfometría de los individuos en los sitios de muestreo, los cuales difieren en condiciones climáticas y ambientales (tabla I). Se encontró diferencia significativa entre los individuos ubicados en el mismo municipio, es decir, entre LP y LC o entre LPr y LB. Al respecto, Abd El-Ghani *et al.* (2017) y Martínez-Burciaga *et al.*, (2011) mencionan que los factores del medio físico tienen un efecto directo en las características morfológicas, por lo tanto, las condiciones ambientales pueden determinar el potencial productivo de la especie y repercutir en las características de sus fibras. En este sentido, Sánchez-González *et al.* (2019) señalaron que la altitud era un factor importante en la variación morfológica de las especies de agaves generalistas, encontraron que para *A. lechuguilla*, la mayor variabilidad se presenta en el tamaño (ancho y largo) exhibido por las hojas y el tamaño de las espinas terminales, a mayor altitud éstos eran menores. En este trabajo se observó que *A. striata* también se comporta como una especie generalista, que al igual que *A. lechuguilla* presenta una amplia distribución y una mayor plasticidad morfológica según las condiciones en donde se desarrolle.

Los ejemplares que alcanzaron la mayor talla fueron los del sitio LB, en Dr. Arroyo, sin embargo, dicha localidad fue la que presentó el menor número de individuos y la menor media de hojas por individuo. También en este municipio, pero en el sitio LPr, se colectaron los ejemplares que presentaron el mayor número de hojas, sin embargo, éstos presentaron la menor talla y las menores medidas de hojas de todos los sitios muestreados.

Los ejemplares de los sitios en Mina presentaron menor altura que los que se localizaron en Dr. Arroyo, y estadísticamente los ejemplares encontrados en la localidad de LP en Mina, N.L., fueron los que mostraron la mayor longitud de hojas externas, medias y cogollo (características consideradas deseables para la explotación fibreira), además de ser la localidad en la que se encontró el mayor número de individuos por sitio y los que presentaron el mayor número de hojas, sin contar los individuos de LPr. La localidad LC, también encontrada en Mina, presentó el segundo mayor número de individuos, y casi siempre se encontró formando grupos estadísticos homogéneos en las pruebas de Tukey realizadas, lo que indica que presentan medidas similares a los de LP. Con base a lo anterior, los ejemplares encontrados en Mina parecen más apropiados para realizar el aprovechamiento fibreiro de *A. striata*, en particular aquéllos encontrados en localidad de la Popa.

Es importante mencionar que las personas que se dedican a la explotación de fibra de *Agave* son capaces de identificar individuos con características deseables para este aprovechamiento, pudiendo diferenciar en qué zonas y bajo qué condiciones pueden ser encontrados (Figueredo *et al.*, 2014), por lo que no se descarta que en otras zonas de Dr. Arroyo sea posible localizar ejemplares que exhiban tallas mayores.

Las hojas externas presentan los mayores valores y pueden ser extraídas fácilmente sin afectar el resto de la roseta, por lo que el aprovechamiento podría realizarse de manera sostenible, al no tener que hacer uso del cogollo de la planta, sin embargo, se requieren realizar estudios posteriores para la caracterización mecánica y anatómica de las fibras de las hojas de las diferentes posiciones de la roseta para determinar si la edad y lignificación determina la calidad final de las fibras.

Msahli *et al.* (2005), al evaluar las fibras de *Agave americana* para la industria textil, señalaron que el diámetro de la fibra, su dirección y tamaño del haz se relacionan directamente con la edad de la hoja y la posición de las fibras en la misma (basal, media o apical). Asimismo, Munawar y *et*

al., (2007) encontraron que el número total y las características finales de fibras se relacionan con el tamaño de la planta, edad, medida de sus tallos y hojas (diámetro, largo, altura, peso), lignificación de sus tejidos, etc., dependiendo de la parte de la planta de donde se extraigan las fibras.

CONCLUSIONES

El número de hojas presentadas por individuo parece ser la característica más variable entre las localidades muestreadas. Los individuos que presentaron la mayor longitud y mayor cantidad de hojas, para realizar el aprovechamiento de sus fibras, se encontraron en las localidades del municipio de Mina, en especial los provenientes de La Popa. Los datos parecen indicar que los individuos con las características morfológicas deseables para el aprovechamiento fibreiro se desarrollan en las zonas con altitudes menores. Factores como el tipo de vegetación, clima y altitud del sitio influyen directamente sobre parámetros como la talla, número y medida de las hojas y el número total de individuos encontrados en los sitios. Con base en la disponibilidad del recurso se considera una alternativa de aprovechamiento, sin embargo, se requieren más estudios para poder evaluar cuál es el factor que tiene la mayor influencia sobre las características morfológicas de los individuos de *Agave striata*, así como determinar la calidad de las fibras con base en estudios anatómicos y físicos de las fibras.

REFERENCIAS

Abd El-Ghani, M.M., Huerta-Martínez, F.M., Hongyan, L., *et al.* (Eds). *Plant Responses to Hyper arid Desert Environments*. Springer, Cham. Pp. 407-501.
 Agared. (2017). *Panorama del aprovechamiento de los agaves en México*. Disponible en: file:///C:/Users/Sergio/Desktop/panorama_digital_220817.pdf
 Bravo-Marentes, C. (1999). *Inventario nacional de especies vegetales y animales de uso artesanal*. Asociación Mexicana de Arte y Cultura Popular A.C. Bases de datos Snibconabio proyecto No. J002. México, D.F.
 Figueredo, C., Casas, A., Colunga-GarcíaMarín, P., *et al.* (2014). Morphological variation, management and domestication of 'maguey alto' (*Agave inaequidens*) and 'maguey manso' (*A. hookeri*) in Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10: 66.

Gentry, H.S. (1982). *Agaves of Continental North America*. Tucson, AZ. University of Arizona Press. Pp. 680.
 Inegi. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Nuevo León 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. pp. 614.
 Martínez-Burciaga, O, Castillo-Quiroz, D, Mares-Arreola, O. (2011). *Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.) en el estado de Coahuila*. Centro Regional Noreste/SAGARPA/INIFAP. pp. 41.
 Msahli, S., Ydrean, J., Sakli, F. (2005). Evaluating the Fineness of *Agave americana* L. Fibers. *Textile Research Journal*. 75(7):540-543.
 Munawar, S., Umemura, K., Kawai, S. (2007). Characterization of the morphological, physical, and mechanical properties of seven nonwood plant fiber bundles. *Journal of Wood Science*. 53: 108.
 Reyes-Agüero, J.A., Aguirre-Rivera, J.R., Peña-Valdivia, C.B. (2017). Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Botanical Sciences*. 88(67):75.
 Rojas,-Mendoza, P. (1965). *Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
 Sagarpa. (2009). *Estudio orientado a identificar los mercados y canales de comercialización internacionales para la oferta de productos de ixtle con valor agregado*. Sagarpa. Programa Especial de Modernización de los Canales de Comercialización (PROMERCADO). 399 pp. Disponible en: <http://187.191.71.192/expediente/13899/mir/33129/anexo/913306>
 Sánchez-González, A., Octavio-Aguilar, P., Barrientos-Lozano, L., *et al.* (2019). Effect of elevation strata on morphological variation of two *Agave* species with different niche amplitude. *International Journal of Plant Sciences*. 180(8). <https://doi.org/10.1086/703577>
 Sema. 2017. Sistema Integral de Información Ambiental del Estado de Coahuila: sectores primarios. Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Coahuila (Sema).
 Torres-García, I., Rendón-Sandoval, F.J., Blancas, J., *et al.* (2019). El género *Agave* en los Sistemas Agroforestales de México. *Botanical Sciences*. 97(3):263-290.