Descripción morfológica del fruto y semilla de *Yucca thompsoniana* Trel. e implicaciones en su conservación

David Castillo-Quiroz[1], Adriana Antonio-Bautista[2*], William Zárate-Martínez[3], Francisco Castillo-Reyes[3]

[1] *Posdoctorante CONAHCYT-UAAAN- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila, México.*
[2] *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México.*
[3]*Campo Experimental Saltillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP). Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México*

Artículo recibido el 21 de marzo y aceptado el 22 de abril de 2024

Morphological description of the fruit and seed of Yucca thompsoniana Trel. and implications for its conservation.

Abstract

Yucca thompsoniana (Thompson's Yucca) is an endemic species that grows in arid and semi-arid ecosystems in northern Mexico and is distributed in the states of Chihuahua and Coahuila. Currently this species is used for ornamental purposes without any official regulation to such an extent that it has been classified in the category of least concern (LC) according to the Red List of threatened species of the International Union for Conservation of Nature, for the above, it is important to use mechanisms or strategies for conservation both *in situ* and *ex situ*. The objective of this research was to characterize the fruits and seeds of *Yucca thompsoniana* Trel., through the morphological description of the variables length, width, thickness and weight of fruits and seeds, as well as the percentage of full or empty seeds per fruit. Descriptive statistics were performed on each of the variables considering frequency distribution, measures of central tendency and measures of dispersion. The results found in this study show that the seeds of *Y. thompsoniana* have the following dimensions: length of 8.24 mm, width of 7.35 mm, thickness of 2.28 mm, weight of 0.045 g and 22,222 seeds kg^{-1}. The seeds are black. The fruits recorded a length of 51.2 mm, width of 24.2 mm, thickness of 21.2 mm and a weight of 9.8 g. Of the total seeds obtained, 60.03% were full seeds and 39.97% were empty seeds. Seed size can play an important role, since, in drought conditions, species with larger seeds have greater germination..

Key words: species in status, endemism, Thompson's Yucca, northern Mexico, arid zones.

Resumen

Yucca thompsoniana (palmilla), es una especie endémica que crece en ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México y se distribuye de los estados de Chihuahua y Coahuila. Actualmente esta especie se aprovecha con fines ornamentales sin ninguna regulación oficial a tal grado que se ha clasificado en la categoría de preocupación menor (LC), según la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por lo anterior, es importante emplear mecanismos o estrategias para la conservación tanto *in situ* como *ex situ.* El objetivo de esta investigación fue caracterizar los frutos y semillas de *Yucca thompsoniana* Trel., mediante la descripción morfológica de las variables largo, ancho, espesor y peso de frutos y semillas, así como el porcentaje de semillas llenas o vanas por fruto. Se realizaron estadísticos descriptivos a cada una de las variables considerando distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de dispersión. Los resultados encontrados en este estudio, muestran que las semillas de *Y. thompsoniana* tienen las siguientes dimensiones: longitud de 8.24 mm, ancho de 7.35 mm,

*Autor de correspondencia
Email: adis_anba@hotmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

espesor de 2.28 mm, peso de 0.045 g y 22,222 semillas kg^{-1}. Las semillas son de color negro. Los frutos registraron una longitud de 51.2 mm, ancho de 24.2 mm, espesor de 21.2 mm y un peso de 9.8 g. Del total de semillas obtenidas 60.03 % fueron semillas llenas y 39.97 % semillas vanas. El tamaño de semilla pude jugar un papel importante, ya que, en condiciones de sequía, las especies con semillas de mayor dimensión tienen una mayor germinación..

Palabras claves: especie en estatus, endemismo, palmilla, norte de México, zonas áridas.

Introducción

El género *Yucca* incluye arbustos y árboles leñosos, perennes, con hojas en forma de espada (El Sayed *et al*., 2020), e incluido en la familia Asparagaceae (Chase *et al.,* 2009). Se reproduce tanto sexualmente como vegetativamente (Guillot y Van, 2008). Es originario del norte de México y sur de los Estados Unidos de América (Granados-Sánchez y López-Ríos, 1998), no obstante, su distribución se extiende desde los límites entre Canadá y Estados Unidos hasta Centroamérica (Rocha *et al*., 2006), y lo conforman cerca de 50 especies (Patel, 2012). Para México, están reportadas 29 especies distribuidas principalmente en las zonas áridas y semiáridas (Barriada-Bernal *et al*., 2018). Del gran total, 11 especies se encuentran reportadas para el estado de Coahuila, las cuales son: *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey; *Yucca filifera* Chabaud; *Yucca coahuilensis* Matuda & Piña; *Yucca elata* Engelm; *Yucca endlichiana* Trel.; *Yucca linearifolia* Clary; *Yucca rígida* (Engelm.) Trel.; *Yucca rostrata* Engelm; *Yucca thompsoniana* Trel.; *Yucca torreyi* Shafer var. torreyi; *Yucca treculeana* Carrière), todas distribuidas en el matorral xerófilo (Villaseñor, 2016; Villarreal, 2001).

Tanto, la flor como el fruto del género *Yucca* tienen un uso como alimento en humanos y la inflorescencia como forraje para el ganado (Flores-Hernández *et al*., 2011). Se emplean también como material de construcción de viviendas, cercas vivas para corrales y protección de huertos, en la obtención de "lxtle", como combustible y como plantas de ornato (Granados-Sánchez y López-Ríos, 1998). El extracto de yuca (solución o polvo), se reconoce como una solución práctica para adsorber el amoníaco en el agua (Paray *et al*., 2021). También, son una fuente de saponinas, particularmente de glucósidos esteroidales (Góngora-Chi *et al*., 2023), y abundantes cantidades de polifenoles y resveratrol (Paray *et al*., 2021). Lo anterior representan beneficios económicos, por su aprovechamiento en usos ornamentales, industriales, nutricionales y médicos (Thiede, 2020).

Dentro de los taxones reportados para Coahuila, se encuentra *Yucca thompsoniana* Trel. descrita por Trelease (Trelease, 1911), es una especie nativa, perenne, aislada con un tronco que mide entre 0.70 a 2.5 m de altura y ocasionalmente ramificados en rosetas en la base de la planta, con raíces fibrosas, sus hojas oscilan entre 17 y 30 cm de largo por 0.7 y 1.2 cm de ancho, de color verde azulado, con un diminuto margen amarillo dentado; las inflorescencias son panículas de 1.0 a 1.5 m con flores blancas, los frutos maduros miden entre 35-70 mm de largo y 20-25 mm de diámetro (Johnson, 2000); las semillas son planas con dimensiones de 5-6 por 6-7 mm (Matuda y Piña, 1980). Su distribución se restringe a ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México, principalmente en los estados de Chihuahua y Coahuila (Johnson, 2000), así como en los límites del estado de Texas en los Estados Unidos de América (FNA, 2020). Crece en forma aislada en laderas rocosas y en suelos pedregosos en el matorral xerófilo y el matorral espinoso tamaulipeco en una altitud entre 215 y 1,500 msnm, con precipitaciones anuales entre 250 a 450 mm (Johnson, 2000). Según Matuda y Piña (1980), en México las mayores densidades de *Y. thompsoniana* se localizan en el municipio de Múzquiz, Coahuila, con una densidad de hasta con 50 plantas ha^{-1}.

Actualmente, esta taxa dada su rusticidad y adaptación a ecosistemas desérticos con bajos requerimientos hídricos y escaso mantenimiento, tiene un uso ornamental en el paisajismo urbano en ciudades con bajas precipitaciones (Urban Xeriscape, 2024; BGC, 2021). Aunque no existe información sobre la obtención de la planta para reforestación urbana, se tiene conocimiento empírico que se extrae la planta completa, sin ninguna regulación oficial para su aprovechamiento y conservación, por lo que sus poblaciones se están reduciendo de forma considerable, ante esta situación, esta taxa se ha clasificado en la categoría de preocupación menor (LC), según la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional de para la Conservación de la Naturaleza (IUCN,

2021). Sumado a los anterior, está reportado que los únicos polinizadores de la *Yucca* son las polillas especializadas del género *Tegeticula* y *Parageticula*, debido a que las flores producen muy poco o inclusive nada de néctar (Pellmyr, 2003). Las interacciones especializadas planta-polinizador en la relación *Yucca*-polilla de la *Yucca* parecen haber evolucionado como respuesta a presiones de selección impuestas mutuamente tanto por las plantas como por los polinizadores (Pellmyr *et al*., 1996).

Ante este escenario, es importante emplear mecanismos o estrategias para la conservación tanto *in situ* como *ex situ* de *Y. thompsoniana*, sin embargo, actualmente se carece de estudios básicos referentes a la morfología del fruto y semillas de esta especie; información importante que podría contribuir para su conservación *ex situ* y la propagación masiva en vivero, para el establecimiento de plantaciones en sus áreas de distribución. El objetivo de esta investigación fue caracterizar los frutos y semillas de *Yucca thompsoniana* Trel., mediante la descripción morfológica de las variables largo, ancho, espesor y peso de frutos y semillas, así como el porcentaje de semillas llenas o vanas por fruto.

Materiales y métodos

Colecta del material biológico

En septiembre de 2023 se colectaron frutos maduros a través de un muestreo dirigido sobre las inflorescencias (Figura 1), de *Y. thompsoniana*, ubicadas en el Jardín Botánico "Gustavo Aguirre Benavides" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Saltillo (25° 21′ 21" LN y 101° 01′59" LO), y con una altitud de 1776 m s. n. m.

El sitio presenta un clima característico del tipo BS1kw definido como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación anual de 340 mm, con lluvias de verano (García, 2004). Para la recolección de las cápsulas se consideró que presentaran características físicas y visuales que manifestaran su madurez fisiológica, como frutos

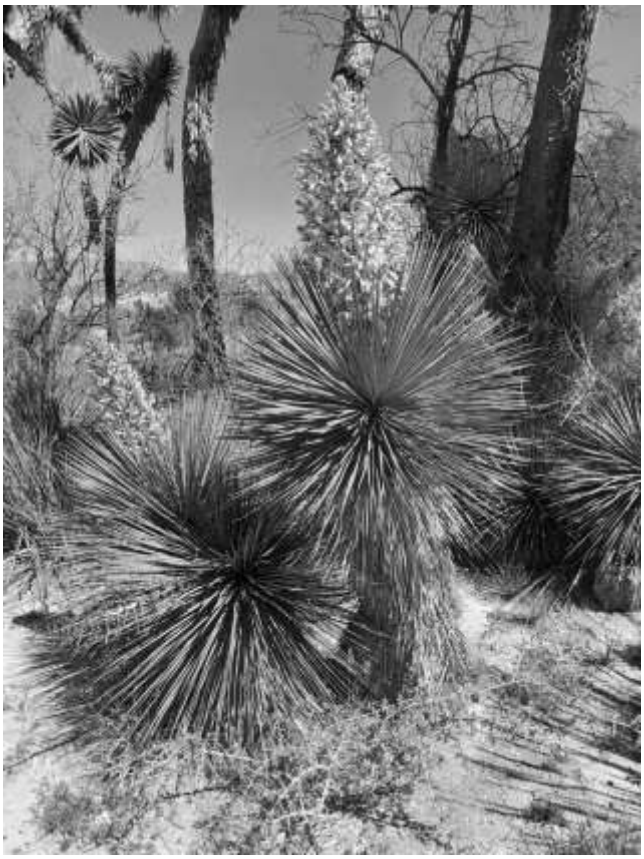


Figura 1. Aspecto general de la planta *Yucca thompsoniana* Trel.

dehiscentes, de textura seca áspera, de forma ovoide y de tonalidad pardo amarillento (BGC, 2021; FNA, 2020). Adicionalmente, se consideró la facilidad del corte del pedúnculo de la inflorescencia. Las cápsulas colectadas se colocaron en bolsas de papel estraza y después se dejaron secar en laboratorio a temperatura ambiente por un período de cinco meses previo a la caracterización morfológica de los frutos y la semilla.

Variables morfológicas de los frutos

Se evaluaron 26 frutos (cápsulas), maduros de *Y. thompsoniana*, y se registraron las siguientes variables cuantitativas: largo de fruto (LF), ancho de fruto (AF), espesor de fruto (EF), con un vernier digital Fisher® con aproximación en mm y peso de fruto (PF), el cual, se determinó con una balanza digital Torrey® con aproximación en gramos. De cada fruto, se obtuvo el número de semillas (NSF), las cuales fueron separadas por color de acuerdo a su consistencia de llenado total; semillas llenas (color negro), y semillas vanas (de color blanco), el resultado se expresó en porcentaje.

Variables morfológicas de las semillas

Para determinar las características morfológicas se usaron las semillas llenas, para ello se tomó al azar una muestra de 100 semillas libres de daños mecánicos o insectos, las cuales se mezclaron y de forma individual se determinó el largo de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES), con apoyo de un vernier digital Fisher® y se expresó en mm, para el peso de la semilla (PS), se utilizó una balanza analítica digital Ohaus Adventurer™ Pro y se reportó en gramos. Así también, se determinó el color de las semillas utilizando la tabla de colores para suelos (Munsell Soil Color Charts, 2000).

Número de semillas por kilogramo

Se estimó el número de semillas por kilogramo (NS kg^{-1}), con la siguiente ecuación según ISTA (2010). NS kg^{-1} = (Número de semillas de la muestra/Peso de la muestra) *1000.

Distribución de frecuencias

Se construyeron tablas de distribución de frecuencias. Para calcular el número de clases se aplicó la regla de Sturges (1926), aplicando la siguiente fórmula.

$$k = 1 + 3.322 \log(N)$$

Dónde:
k = número de clases.
log = es el logaritmo base 10.
N = número total de observaciones de la muestra.

Y para determinar la amplitud de las clases, se utilizó la siguiente formula.

$$A = \frac{R}{k}$$

Dónde:
A = amplitud de las clases.
R = Rango (dato superior – dato inferior).
k = número de clases.

Medidas de tendencia central

Se calculó la media, la cual es la suma de todos los valores dividida por la cantidad total de valores. Mediana que es el valor medio de los datos; se encuentra en el medio de un conjunto de datos ordenados de manera ascendente o descendente y la moda que es el valor o el conjunto de valores más recurrentes en la estadística.

Medidas de dispersión

Se determinó el rango, el cual, es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo en un conjunto de datos. Esta es la medida más básica de variabilidad y proporciona una idea general de cuánto se extienden los datos en toda la escala. Se calculó la varianza, la cual, mide la variabilidad de los datos respecto a la media aritmética y puede servir para comparar diferentes grupos de datos. Se determinó la desviación estándar, la cual, indica cuánto se desvían los valores individuales de la media aritmética. Se determinó el coeficiente de variación como el resultado de la relación entre la desviación estándar y la media.

Análisis de datos

Se generó una base de datos en el software Excel de la paquetería Microsoft Office. Para analizar y describir las variables morfológicas de los frutos y semillas (LF, AF, EF, PS, LS, AS, ES y PS), y se realizaron estadísticos descriptivos a cada una de ellas considerando: a) Distribución de frecuencias, b) Medidas de tendencia central (media, mediana y moda), y c) Medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación). La información se presentó en tablas y gráficas.

Resultados y discusión

Morfológica del fruto

Los frutos de *Y. thompsoniana* son erectos, capsulares, dehiscentes, ovoides y de color marrón-amarillento en la etapa de maduración (FNA, 2020).

Distribución de frecuencias

La variable LF presentó valores que van desde 20.5 hasta 70 mm, sin embargo, el 38.5 % de los frutos presentaron valores entre 45.26 y 53.50 mm. Con respecto al AF, los valores reportados oscilan entre 19.10 hasta 30 mm, el 23.1 % de los frutos presentaron los valores más bajos (19.10-20.92 mm), por el contrario, el 11.5 % del fruto presentaron los valores más altos (28.21-30.00 mm). El EF osciló entre 13.90 y 27.30 mm, el 30.8 % de los frutos presentaron espesores que van de 18.37 a 20.59 mm. Con referencia al PF, se encontraron frutos entre 4 a 18 g y el mayor porcentaje de frutos (30.8 %), reportó un peso entre 4 a 6.33 g (Tabla 1). Se encontró que el número de semillas por fruto (NSF), varían entre 26 a 81 semillas, sin embargo, según la distribución de frecuencias, el mayor porcentaje de frutos (53.8 %), tenían entre 54 y 63.32 semillas.

De los 26 frutos caracterizados se obtuvo un total de 1,456 semillas, de las cuales, 874 (60.03 %), corresponden a semillas llenas y 582 (39.97 %), a semillas vanas (Figura 2). Las semillas llenas son aquellas que tienen sus estructuras internas completas, lo que les permite germinar en condiciones apropiadas de humedad y temperatura (Bustamante-García *et al*., 2012). Las semillas vanas pueden ser originadas por escasez de polen (Mosseler *et al*., 2000). Una deficiente polinización (Bustamante-García *et al*., 2012). Incluso por autofecundación o elevada consanguinidad por un bajo número de árboles en estado reproductivo (Velasco-García *et al*., 2007). El índice de

Tabla 1. Distribución de frecuencias de características morfológicas del fruto de *Yucca thompsoniana* Trel.

LF (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
20.50 - 28.75	1	0.038	3.8
28.76 - 37.00	1	0.038	3.8
37.10 - 45.25	5	0.192	19.2
45.26 - 53.50	10	0.385	38.5
53.60 - 61.75	5	0.192	19.2
61.76 - 70.00	4	0.154	15.4
Amplitud (8.25)	N: 26	hi= fi/N	
AF (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
19.10 - 20.92	6	0.231	23.1
20.93 - 22.74	4	0.154	15.4
22.75 - 24.56	3	0.115	11.5
24.57 - 26.38	5	0.192	19.2
26.39 - 28.20	5	0.192	19.2
28.21 - 30.00	3	0.115	11.5
Amplitud (1.82)	N: 26	hi= fi/N	
EF (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
13.90 -16.13	3	0.115	11.5
16.14 - 18.36	2	0.077	7.7
18.37 - 20.59	8	0.308	30.8
20.60 - 22.82	3	0.115	11.5
22.83 - 25.05	6	0.231	23.1
25.06 -27.30	4	0.154	15.4
Amplitud (2.23)	N: 26	hi= fi/N	
PF (g)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
4.00 - 6.33	8	0.308	30.8
6.34 - 8.66	4	0.154	15.4
8.67 - 10.99	5	0.192	19.2
11.00 - 13.32	3	0.115	11.5
13.33 - 15.65	2	0.077	7.7
15.66 - 18.00	4	0.154	15.4
Amplitud (2.35)	N: 26	hi= fi/N	
NSF	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
26.00 - 35.33	1	0.038	3.8
35.34 - 44.66	2	0.077	7.7
44.67 - 53.99	4	0.154	15.4
54.00 - 63.32	14	0.538	53.8
63.33 - 72.65	2	0.077	7.7
72.66 – 81.00	3	0.115	11.5
Amplitud (9.33)	N: 26	hi= fi/N	

LF: largo de fruto, AF: ancho de fruto, EF: espesor de fruto, PF: peso de fruto, NSF: número de semillas por fruto.

endogamia (IE), se consideró como la proporción del número de semillas vanas respecto al total de las semillas desarrolladas (Mosseler *et al*., 2000).

Medidas de tendencia central

La media de la variable LF fue de 51.2 mm y de 50 mm la mediana y moda. La media de la variable AF fue de 24.2 mm, 4.6 mm superior a la moda, la cual, fue de 19.6 mm. La media de EF fue de 21.2 mm, 1.5 mm superior a la moda (19.7 mm). La media de la variable PF fue de 9.8 g por el contrario la mayoría de los frutos (moda), fue de 10 g. Con respecto al NSF la media, mediana y moda fue de 57, 56.5 y 56 semillas respectivamente (Tabla 2).

Medidas de dispersión

El LF presentó un rango de 49.5 mm y un coeficiente de variación de 24.2%. El AF reportó un rango de 10.9 mm y un coeficiente de variación de 13.3 %. En la variable EF se encontró que el rango es de 13.4 mm y el coeficiente de variación de 17.3 %. La variable PF reportó el mayor coeficiente de variación (44.5 %) y el número de semillas por fruto (NSF) el mayor rango (56 semillas) (Tabla 3).

Duarte *et al*. (2017), mencionan que en frutos de mayor tamaño hay una mayor cantidad de semillas viables y por lo tanto mayores posibilidades de obtener una planta. Magallán-Hernández *et al*. (2014), reportaron que la LF de *Yucca queretaroensis* oscila entre 7.5 - 9.8 cm, por lo cual, los frutos de *Y. queretaroensis* son más cortos que los frutos de *Y. thompsoniana*, los cuales registraron valores de LF de 20.5 a 70 mm. *Y. brevifolia* produce frutos grandes, no carnosos e indehiscentes (Borchert, 2016), en promedio cada fruto contiene de 80 a 105 semillas (Borchert y DeFalco, 2016), superiores a los encontraron en los frutos de *Y. thompsoniana* (26 a 81 semillas). Barriada-Bernal *et*

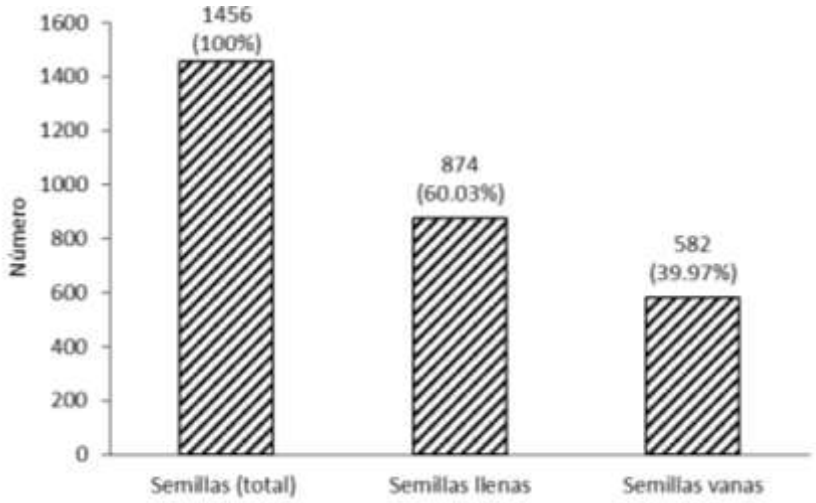


Figura 2. Porcentaje de semillas llenas y vanas de *Yucca thompsoniana* Trel.

Tabla 2. Medidas de tendencia central de características morfológicas del fruto de *Yucca thompsoniana* Trel.

Variable	Media	Mediana	Moda
LF (mm)	51.2	50.0	50.0
AF (mm)	24.2	24.8	19.6
EF (mm)	21.2	20.8	19.7
PF (g)	9.8	9.5	10.0
NSF	57.0	56.5	56.0

Tabla 3. Medidas de dispersión de características morfológicas del fruto de *Yucca thompsoniana* Trel.

Variable	Rango	Varianza	Desviación estándar	Coeficiente de variación
LF (mm)	49.5	153.3	12.4	24.2%
AF (mm)	10.9	10.4	3.2	13.3%
EF (mm)	13.4	13.5	3.7	17.3%
PF (g)	14.0	18.9	4.3	44.5%
NSF	56.0	136.9	11.7	20.5%

al. (2018), mencionan que los frutos de *Y. mixtecana*, tienen pesos promedio de 100.49 g, LF de 11.7 mm y AF de 5.68 mm. Lo anterior indica que estos frutos son de mayor peso que los frutos de *Y. thompsoniana*.

Morfología de las semillas

Distribución de frecuencias

Según la distribución de frecuencias, el LS varió de 6.6 a 9.5 mm, 27 % de las semillas tienen un LS de 8.05 a 8.40 mm. El AS va de 4.9 a 9.5 mm y el 60 % de las semillas tienen un AS que va de 6.65 a 8.38 mm. La variable ES va de 1.2 a 4.3 mm y el 78% de las semillas se encuentran entre 1.6 a 2.76 mm. Con respecto al PS se encontraron valores que van de 0.01 a 0.10 g, sin embargo, el 80% de las semillas tenían un peso entre 0.01 a 0.065 g (Tabla 4).

Medidas de tendencia central

La mediana y moda de las variables LS, AS, ES y PS fue de 8.20, 7.30, 2.30 mm y 0.04 g respectivamente. La media de AS fue 0.05 mm superior a la medina y moda (Tabla 5).

Medidas de dispersión

Con respecto a las medidas de dispersión, la variable LS presentó un rango de 2.90 mm y una desviación estándar de 0.58 mm. La variable AS registró un rango de 4.60 mm con una desviación estándar de 1.06 mm. El rango de la variable ES fue de 3.10 mm y su desviación estándar fue de 0.56 mm, por último, la variable PS registró un rango de 0.09 g, desviación estándar de 0.024 g y un coeficiente de variación de 52.6 % (Tabla 6).

4. Distribución de frecuencias de características morfológicas de semillas de *Yucca thompsoniana* Trel.

LS (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
6.6 - 6.96	2	0.02	2
6.97 - 7.32	5	0.05	5
7.33 - 7.68	9	0.09	9
7.69 - 8.04	20	0.20	20
8.05 - 8.40	27	0.27	27
8.41 - 8.76	15	0.15	15
8.77 - 9.12	18	0.18	18
9.13 - 9.50	4	0.04	4
Amplitud (0.36)	N: 100	hi= fi/N	
AS (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
4.90 - 5.48	4	0.04	4
5.49 - 6.06	9	0.09	9
6.07 - 6.64	13	0.13	13
6.65 - 7.22	21	0.21	21
7.23 - 7.80	20	0.20	20
7.81 - 8.38	19	0.19	19
8.39 - 8.96	6	0.06	6
8.97 - 9.5	8	0.08	8
Amplitud (0.58)	N: 100	hi= fi/N	
ES (mm)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
1.20 - 1.59	7	0.07	7
1.60 - 1.98	24	0.24	24
1.99 - 2.37	27	0.27	27
2.38 - 2.76	27	0.27	27
2.77 - 3.15	9	0.09	9
3.16 - 3.54	2	0.02	2
3.55 - 3.93	3	0.03	3
3.94 - 4.30	1	0.01	1
Amplitud (0.39)	N: 100	hi= fi/N	
PS (g)	Frecuencia absoluta (fi)	Frecuencia relativa (hi)	Frecuencia relativa %
0.010 - 0.021	24	0.24	24
0.022 -0.032	10	0.10	10
0.033 - 0.043	22	0.22	22
0.044 - 0.054	14	0.14	14
0.055 - 0.065	10	0.10	10
0.066 - 0.076	6	0.06	6
0.077 - 0.087	6	0.06	6
0.088 - 0.100	8	0.08	8
Amplitud (0.011)	N: 100	hi= fi/N	

LS: largo de semilla, AS: ancho de semilla, ES: espesor de semilla, PS: peso de semilla.

Tabla 5. Medidas de tendencia central de características morfológicas de semillas de *Yucca thompsoniana* Trel.

Variable	Media	Mediana	Moda
LS (mm)	8.24	8.20	8.20
AS (mm)	7.35	7.30	7.30
ES (mm)	2.28	2.30	2.30
PS (g)	0.045	0.040	0.040
NS kg^{-1}	22222	25000	25000

LS: largo de semilla, AS: ancho de semilla, ES: espesor de semilla, PS: peso de semilla, NS: número de semillas.

Tabla 6. Medidas de dispersión de características morfológicas de semillas de *Yucca thompsoniana* Trel.

Variable	Rango	Varianza	Desviación estándar	Coeficiente de variación
LS (mm)	2.90	0.34	0.58	7.1%
AS (mm)	4.60	1.12	1.06	14.4%
ES (mm)	3.10	0.31	0.56	24.6%
PS (g)	0.09	0.0006	0.024	52.6%

LS: largo de semilla, AS: ancho de semilla, ES: espesor de semilla, PS: peso de semilla.

BGC (2021), reporta tamaños de las semillas para *Y. thompsoniana* que oscilan entre 4.8 mm x 4.1 mm hasta 8.5 mm x 5.3 mm, en cambio FNA (2020), reporta diámetros de 6 a 8 mm, estos valores están dentro de los valores obtenidos en este estudio, el LS registró valores entre 4.9 a 9.5 mm y el AS de 4.9 a 9.5 mm.

En relación a estudios sobre la morfología de las semillas de otras especies del género *Yucca* están los reportados por Meza-Cota *et al*. (2022), donde colectaron semillas de *Y. endlichiana* en tres localidades del estado de Coahuila y reportaron valores medios de 6.04, 6.11 y 6.19 mm, respectivamente para LS, los cuales, son inferiores al LS de *Y. thompsoniana* reportado en este estudio, ya que la media de LS fue de 8.24 mm. Con respecto al AS los valores medios que reportaron Meza-Cota *et al*. (2022), fueron de 5.36, 5.37 y 5.53 mm, valores inferiores a lo encontrado en este estudio, ya que el AS promedio fue de 7.35 mm. Al encontrar diferencias en los valores, estos son útiles como características distintivas de las diferentes especies en la planeación de la colecta de semillas, el control y el manejo del almacenamiento de semillas (Rao *et al*., 2007). *Y. queretaroensis* tiene semillas cuyo LS oscila entre 6.3-9.1 mm, AS entre 5.3-10.1 mm y un ES de 2 a 3 mm, lo anterior es similar al tamaño de las semillas de *Y. thompsoniana* caracterizadas en este estudio, las cuales, registraron valores de LS entre 6.6 - 9.5 mm, AS de 4.9 - 9.5 mm y ES de 1.2 - 4.3 mm (Magallán-Hernández *et al*., 2014).

El tamaño de las semillas es un factor que interviene en los procesos de germinación, capacidad y velocidad de germinación (Sánchez-Salas *et al*., 2015; Norden *et al*., 2009). En condiciones de sequía, las especies con semillas de mayor dimensión tienen una mayor germinación (Gelviz-Gelvez *et al*., 2020). En relación al color de las semillas de *Y. thompsoniana*, los resultados muestran que el color corresponde a negro, según las tablas de colores de Munsell Soil Color Charts (2000), lo cual coincide con lo reportados por FNA (2020), quien menciona que el color de la semilla es de color negro opaco y BGC (2021), afirma que la semilla presenta una tonalidad de color negro.

La ecología reproductiva de *Y. thompsoniana* ha sido poco estudiada a pesar de existir evidencia de que los patrones de precipitación y temperatura asociados con el cambio climático global pueden estar afectando negativamente la producción reproductiva de especies del desierto (Redmond *et al*., 2012).

Conclusiones

Se caracterizó las dimensiones de la semilla y fruto de la especie *Yucca thompsoniana*, donde los promedios observados en semilla fueron: LS de 8.24 mm, AS de 7.35 mm, ES de 2.28 mm, PS de 0.045 g y 22,222 semillas kg^{-1}. El fruto se caracterizó con las siguientes dimensiones LF de 51.2 mm, AF de 24.2 mm, EF de 21.2 mm y PF de 9.8 g. Los estudios sobre la caracterización morfológica de la semilla de *Y. carnerosana* son importantes para realizar futuros esayos sobre la germinación y la consevación *ex situ* de esta especie.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo en una Estancia

Posdoctoral por México– Modalidad Incidencia a través del proyecto "Conservación *ex situ* de plantas útiles de zonas semiáridas del noreste de México".

Referencias

Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila (BGC). 2021. Catálogo de Semillas Forestales del Banco de Germoplasma Vegetal de Coahuila. Secretaria de Medio Ambiente del estado de Coahuila. 73 p. https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/CATALOGO_SEMILLASSb.pdf

Barriada-Bernal, L. G., Aquino-González, L.V., Méndez-Lagunas, L. L., Rodríguez-Ramírez, J., & Sandoval-Torres, S. 2018. Caracterización física y nutricional de frutos de yuca (*Yucca mixtecana*). Agrociencia, 52 (3), 347-359. https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n3/2521-9766-agro-52-03-347.pdf

Borchert, M. I. 2016. Rodent removal of fallen Joshua tree (*Yucca brevifolia*) fruits. Bulletin of the Southern California Academy of Sciences. 115(3): 146–155. https://doi.org/10.3160/0038-3872-115.3.146

Borchert, M.I., y Defalco, L.A. 2016. *Yucca brevifolia* fruit production, predispersal seed predation, and fruit removal by rodents during two years of contrasting reproduction. American Journal of Botany. https://doi.org/10.3732/ajb.1500516

Bustamante-García, V., Prieto-Ruíz, J.A., Merlín-Bermudes, E., Álvarez-Zagoya, R., Carrillo-Parra, A. y Hernández-Díaz, J. C. 2012. Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. Madera y Bosques. 18 (3): 7-21. https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v18n3/v18n3a2.pdf

Chase, M.W., Reveal, J.L., Fay, M.F. 2009. A subfamilial classification for the expanded asparagalean families Amaryllidaceae, Asparagaceae and Xanthorrhoeaceae. Botanical Journal of the Linnean Society. 161(2): 132–136. https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00999.x

Duarte E.R., Mangeón V., Küppers G., Rocha P., Niella, F. 2017. Tamaño y viabilidad de semillas: implicancias en la evolución y conservación de *Phaius tankervilleae* (Orchidaceae). Caldasia. 39: 388-399.https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.62184

El Sayed, A.M., Basam, S.M., El-Naggar, E.-M.B.A., Marzouk, H.S., El-Hawary, S. 2020. LC–MS/MS and GC–MS profiling as well as the antimicrobial effect of leaves of selected *Yucca* species introduced to Egypt. Scientific Reports. 11(1): 1-16. https://doi.org/10.3390/ani11010093

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México. http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1

Flores-Hernández, A., Hernández-Herrera, J. A., Valenzuela-Núñez, L. M., Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E.O., García-Hernández, J.L., Ortiz-Cano, H.G. 2011. Evaluación de la población natural y hábitat de palma azul (*Yucca rigida*) en Mapimí, Durango, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(1), 315-321. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1090/1/flores_a2011vol14.pdf

Flora of North America (FNA). 2020 *Yucca thompsoniana* Trelease Vol. 26, 430 mencionado en las paginas 425, 431, 432 http://beta.floranorthamerica.org/Yucca_thompsoniana

Gelviz-Gelvez S.M., Pavón N.P., Flores J., Barragán F., Paz, H. 2020. Germination of seven species of shrubs in semiarid central Mexico: effect of drought and seed size. Botanical Sciences 98: 464-472. https://doi.org/10.17129/botsci.2537

Góngora-Chi, G. J., Lizardi-Mendoza, J., López-Franco, Y. L., López-Mata, M. A. y Quihui-Cota, L. 2023. Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: una revisión. Biotecnia. 25(1): 147-155. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1800

Granados-Sánchez D., López-Ríos, G. F. 1998. *Yucca* "izote" del desierto. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 4(1):179-192. https://docplayer.es/32928861-Yucca-izote-del-desierto.html

Guillot O. D. y Van der M. P. 2008. El género *Yucca* L. en España. Monografías de la revista Bouteloua. No. 2. 124 p. www.floramontiberica.org

International Seed Testing Association (ISTA). 2010. Reglas del ISTA. Septiembre de 2010. http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31

IUCN, 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2.

Johnson, M. B. 2000. Observations on some Chihuahuan Desert Yuccas. Desert Plants. 16(1): 14-19. https://repository.arizona.edu/handle/10150/554328

Magallán-Hernández, F., Maruri-Aguilar, B., Sánchez-Martínez, E., Hernández-Sandoval, L., Luna-Zúñiga, J. y Robledo-Mejía, M. 2014. Consideraciones taxonómicas de *Yucca queretaroensis* Piña (Agavaceae), una especie endémica del Semidesierto Queretano-Hidalguense. Acta Botánica Mexicana. 108: 51-66. https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n108/n108a4.pdf

Matuda, E. y Piña, L. I. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Colección miscelánea del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Toluca, Estado de México. 145 p. http://acervos.inpi.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=258761

Meza-Cota, A. B., Vargas-Hernández, J. J., Vázquez-Badillo, M. E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., López-Aguillón, R., y Flores-López, C. 2022. Morfología, calidad de semillas y plántulas de *Yucca endlichiana* e implicaciones en su conservación. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(1): e2834. https://doi.org/10.19136/era.a9n1.2834

Mosseler, A., Major, J. E., Simpson, J. D., Daigle, B., Lange, K., Park, Y.S., Johnsen, K. H. y Rajora, O. P. 2000. Indicators of populations viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Canadian Journal Botany. 78:928–940. https://doi.org/10.1139/b00-065

Munsell Soil Color Charts. 2000. The Year 2000 revised washable edition. Michigan, USA: Munsell Color 4300 44th Street SE, Gran-dRapids, MI 49512, USA.

Norden N., Daws, M.I., Antoine, C., Gonzalez, M.A., Garwood, N.C., Chave, J. 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. Functional Ecology. 23: 203-210. https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01477.x

Paray, B.A., El-Basuini, M. F., Alagawany, M., Albeshr, M. F., Farah, M. A., Dawood, M.A.O. 2021. *Yucca schidigera* Usage for Healthy Aquatic Animals: Potential Roles for Sustainability. Animals. 11(93): 1-16. https://doi.org/10.3390/ani11010093

Patel, S. 2012. *Yucca*: A medicinally significant genus with manifold therapeutic attributes. Natural Products and Bioprospecting 2(6): 231-234. DOI 10.1007/s13659-012-0090-4

Pellmyr, O., Thompson, J. N., Brown, J. M., Harrison, R. G.

1996. Evolution of pollination and mutualism in the yucca moth lineage. American Naturalist 148: 827-847. https://doi.org/10.1086/285958

Pellmyr, O. 2003. Yuccas, yucca moths, and coevolution: a review. Ann. Missouri Botanical Garden. 90: 35-55. DOI:10.2307/3298524

Rao, N.K., Hanson, J., Dulloo, M.E., Ghosh, K., Novell, D., Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International. Roma, Italia. 165 p.

Redmond, M.D., Forcella, F. and Barger, N.N. 2012. Declines in pinyon pine cone production associated with regional warming. Ecosphere. 3(12): 1-14. Art 120. https://doi.org/10.1890/ES12-00306.1

Rocha, M., Good-Ávila, S.V. Molina-Freaner, F., Arita, H.T., Castillo A., García-Mendoza, A.J., Silva-Montellano, A., Gaut, B.S., Souza, V., and Eguiarte, L.E. 2006. "Pollination Biology and Adaptive Radiation of Agavaceae, with Special Emphasis on the Genus *Agave*, Aliso Vol. 22: Iss. 1, Article 27. https://scholarship.claremont.edu/aliso/vol22/iss1/27

Sánchez-Salas, J., J. Flores, J., Muro-Pérez, G. Arias-Montes, S. y Jurado, E. 2015. Morfometría de semillas en la cactácea amenazada de extinción *Astrophytum myriostigma* Lemaire. Polibotánica (39):119-131.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682015000100007.

Sturges, H. 1926. The choice of a class-interval. Journal. American Statistical Association 21:65-66. https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161

Thiede, J. 2020. Yucca AGAVACEAE. In: Eggli, U., Nyffeler, R. (eds) Monocotyledons. Illustrated Handbook of Succulent Plants. Springer, Berlin, Heidelberg. pp 363-421. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56486-8_109

Trelease, W. 1911. An additional tree-yucca and one other species new to the United States. Missouri Botanical Garden Annual Report. 22: 101-102.

Urban Xeriscape. 2024. Thompson's Bayoneta Yucca (*Yucca thompsoniana*). https://urbanxeriscape.com/product/thompsons-bayoneta-yucca-yucca-thompsoniana/

Velasco-García, M. V., López-Upton, J., Ángeles-Pérez, G., Vargas-Hernández, J., Guerra-de la Cruz, V. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro de México. Agrociencia. 41:121-131. https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v41n1/1405-3195-agro-41-01-121.pdf

Villarreal, Q. J.A. 2021. XXIII. Flora de Coahuila. *En*: Listados Florísticos de México. 138 p. http://www.ibiologia.unam.mx/BIBLIO68/fulltext/lf23.p

Villaseñor, J. L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 87: 559-902. https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v87n3/1870-3453-rmbiodiv-87-03-00559.pdf