

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Caracterización Morfológica de Plántulas y Selección de Familias de
Yucca filifera Chabaud y *Yucca treculeana* Carr. En Etapa de Vivero

Por:

EDMAR OSEYNER RUIZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Caracterización Morfológica de Plántulas y Selección de Familias de
Yucca filifera Chabaud y *Yucca treculeana* Carr. En Etapa de Vivero

Por:



EDMAR OSEYNER RUIZ LÓPEZ

TESIS

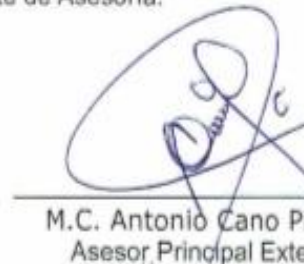
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal Interno



M.C. Antonio Cano Pineda
Asesor Principal Externo



Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019



Esta tesis ha sido apoyada por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave No. 38111-425103001-2173. Proyecto que pertenece al Departamento Forestal, a cargo del Profesor Investigador Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A DIOS SOLO SABIO por darme salud, sabiduría, inteligencia, gracia y amor.

A MIS PADRES: Carlos Cristóbal Ruiz Cruz y Rosa Florinda López Pérez que sin medida me dan su amor y cariño, cimentándome con principios y consejos para ser una persona de bien, por su apoyo incondicional en todo tiempo, por esto y mucho más, por siempre estaré agradecida por todo lo que he recibido de ustedes, mi corazón esta nutrido por su amor y mi alma fortalecida por el que yo les tengo.

A MIS HERMANOS: Jehyner Ruiz López, Irma Ruiz López, Orbelin Ruiz López, Edilmar Ruiz López, Amalia Ruiz López, Juan Carlos Ruiz López, Yesmin Ruiz López por ser los amigos de mi infancia y regalarme tantos momentos de felicidad y estar a mi lado en los momentos de éxito y dificultad de la vida.

A MI ABUELO: Esteban Ruiz Gómez, por su ternura y sabiduría para darme sus consejos y compartir sus vivencias, por alentarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi gloriosa ALMA TERRA MATER por brindarme hospitalidad durante mi estancia, por siempre llevaré cada una de las gratas vivencias en ella, gracias a su nobleza pude concluir mis estudios.

Al Dr. Celestino Flores López por estar atento brindando herramientas para adquirir muchos conocimientos partiendo de sus experiencias además de su amistad y confianza, por desempeñar el papel de tutor durante la carrera y ser mi asesor de esta investigación mi profundo agradecimiento.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por las atenciones prestadas durante el transcurso de la carrera y en la realización de este trabajo, gracias por compartir con los alumnos consejos y transmitirnos sus conocimientos con dedicación.

Al M.C Salvador Valencia Manzo, Ing. Jorge David Flores Flores, Dr. Jorge Méndez González, José Aniceto Díaz Balderas, M.C. José Armando Nájera Castro, Ing. José Antonio Ramírez, Ing. Gil Cabrera y a todos los profesores del Departamento Forestal, quienes me formaron como persona y como profesionalista, estaré eternamente agradecida por la paciencia y el afecto correspondido.

A mis amigos y compañeros de forestal, con quienes emprendí esta travesía, gracias por su confianza, cariño y apoyo, por ser ustedes con quienes compartí la mayor parte de las presiones, pero con trabajo y unión salimos adelante, de ustedes aprendí que la unión y el trabajo en equipo hace de cada reto un verdadero éxito, por permitirme conocerlos, convivir con ustedes en las prácticas, en las aulas y gracias a esto hacer los momentos difíciles más ligeros. Por siempre alfas vivieran en mi corazón, y los chicos del nogal por las risas imparables.

A las compañeros y amigos Zoe Morales, Urbano Gómez García, Gamadiel Raymundo Pérez, Juan Carlos Pérez Espinoza, Jesús Pérez Ortiz, Bernabé Alba Martínez, Yareli Vidal, Roció Mendieta Oviedo, por ayudar en la recolección de datos y por su amistad. Y con quienes compartí todo el tiempo de este bonito sueño, los llevo en mi corazón y las palabras no alcanzan para describir todo el afecto, cariño, y respeto que les tengo.

A mi amiga incondicional Lucero Ramírez por su amor y amistad en todo momento, gracias por estar pendiente de mí, y aunque a la distancia me has ayudado a seguir adelante con porras y palabras de aliento.

A Urbano Gómez García porque en el poco tiempo de conocerte me has demostrado todo tu apoyo en todo momento.

A Zoe Jacinto por la ayuda y compañerismo durante el tiempo que nos llegamos a conocer.

A mis amigas Judith Reyes Flores y Blanca Reyna López Velazco por acompañarme en el camino y por permitirme conocerlas, convivir con ustedes en las prácticas y en las aulas. Gracias por esos momentos las llevaré en mi corazón.

Y no faltaba más a mi amigo, hermano, compañero Aldren Pérez Ventura por apoyarme y compartir momentos inolvidables y estar siempre que lo necesité.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos e hipótesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 <i>Yucca filifera</i> Chabaud y <i>Yucca treculeana</i> Carr.....	5
2.1.1 Descripción de la especie.....	5
2.1.2 Importancia en México.....	6
2.2 Tipos de propagación.....	6
2.3 Variación y selección de individuos.....	11
2.4 Estudios relacionados con el trabajo de investigación.....	13
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Antecedentes del área de colecta y de propagación de plantas en invernadero.....	13
3.2 Descripción del área de vivero.....	14
3.3 Variables morfológicas.....	14
3.4 Variables morfológicas para evaluar calidad de planta.....	19
4 RESULTADOS.....	22
4.1 Comparación y selección de familias para <i>Yucca filifera</i>	22
4.1.1 Variables morfológicas.....	22
4.1.2 Variables morfológicas de calidad de planta.....	22
4.2. Comparación y selección de familias para <i>Yucca treculeana</i>	22
4.2.1 Variables morfológicas.....	22
4.2.2 Variables morfológicas de calidad de planta.....	28
5 DISCUSIÓN	28
6 CONCLUSIONES.....	30
7 RECOMENDACIONES.....	31
8 LITERATURA CITADA.....	32
9 ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Familias con mayor distribución en <i>Yucca filifera</i>	23
Cuadro 2. Familias con mayor diferenciación morfológica en calidad de planta <i>Yucca filifera</i>	24
Cuadro 3 Familias con mayor distribución en <i>Yucca treculeana</i>	25
Cuadro 4. Familias con mayor diferenciación morfológica en calidad de planta <i>Yucca treculeana</i>	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Distribución de las poblaciones de *Yucca filifera* en Huachichil, Arteaga, Coah. y *Yucca treculeana* en Santa Teresa, Castaños, Coah (Treviño, 2015).....13
- Figura 2. Características morfológicas de plántulas de *Yucca filifera* para la evaluación de calidad de plántulas. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm).....17
- Figura 3. Características morfológicas de plántulas de *Yucca treculeana* para la evaluación de calidad de plántulas. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm).....18
- Figura 4. *Yucca filifera*: equipo y partes de la planta para registrar el peso verde de la parte aérea radicular.....19
- Figura 5. Partes de la planta de Yuca para sacar su peso y medidas para el índice de Dickson. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm) y LR: Longitud de la raíz(cm).....21

RESUMEN

Yucca filifera y *Yucca treculeana* son especies destacadas por su importancia económica, social y ambiental en zonas áridas y semiáridas de México. El conocimiento básico sobre la capacidad reproductiva de estas especies, es necesario para implementar estrategias de conservación que permitan asegurar la calidad de planta que es utilizada en los programas de forestación, reforestación y restauración ecológica. Debido a esto, se evaluó a la planta a través de sus características morfológicas para determinar las mejores familias de *Yucca filifera* y de *Yucca treculeana* seleccionándolas en base a los valores significativos de cada variable morfológica y la frecuencia de estas familias con respecto a las significancias de cada variable ponderando las variables de acuerdo a la importancia en la producción de plantas.

La evaluación se realizó en 30 familias de las dos especies de *Yuccas* en etapa de vivero a tres años de ser trasplantadas. Además, se realizó una comparación entre familias en donde las variables evaluadas como diámetro de rosetas (cm); NR: número de rosetas; NH: número de hojas; ALT: altura (cm); DBR: diámetro basal de rosetas (mm); LHL: longitud de la hoja más larga (cm). Se realizó a través del método desbalanceado al azar para determinar las mejores familias tanto las variables morfológicas y las de índice de Dickson se evaluaron bajo diferente diseño experimental y también se realizó una comparación de medias, las plantas seleccionadas fueron aquellas con valores significativas más altas en las medias, seleccionado a 8 plantas por familias.

La especie con el mayor representatividad fue *Yucca treculeana* con un total de 6 familias que obtuvieron la mayor variación total relacionado con la altura de la planta, mientras que *Y. filifera* lo obtuvo en 3 familias. La caracterización morfológica permitió detectar variación morfológica en las dos poblaciones. Dicha variación fue detectada en altura de la roseta, diámetro de rosetas, peso aéreo y radicular de la planta.

Palabras claves: Morfología, *Yucca treculeana*, *Yucca filifera*.

1 INTRODUCCIÓN

México, considerado como uno de los 12 países con mayor megabiodiversidad, está conformado en un 60% por zonas donde la lluvia es escasa poco predecible en lo cual las zonas áridas y semiáridas ocupan más de la mitad del territorio mexicano y están cubiertas en su mayor parte por diversos tipos de comunidades arbustivas las cuales reciben el nombre genérico de matorral xerófilo, que alternan con pastizales y con algunos manchones aislados de vegetación arbórea, estas regiones albergan numerosas especies que de manera potencial pueden llegar a aprovecharse, principalmente el mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl.ex willd), el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*, Mart. ex Pfeiff.), Huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), Palma china (*Yucca filifera*), Palma samandoca (*Yucca carnerosana*), Gobernadora (*Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville), Orégano (*Lippia spp* Lour), Maguey verde (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck), Candelilla (*Euphorbia Antisyphillitica* Zucc.), Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), Nopal (*Opuntia Spp* Mill), (CONAFOR, 2008; Valiente, 1996).

De las especies forestales mencionadas e importantes en los desiertos mexicanos son las del género *Yucca*, de las que se cuenta con 31 especies de las 44 registradas a nivel mundial en la cual su eficacia adaptativa se basa principalmente en sus características morfofisiológicas, destacándose sus hojas rosetófilas suculentas-fibrosas y su polinización simbiótica con el insecto del genero *Pronuba* en la que se lleva a cabo por medio de una especie de palomilla (*Tegeticula mexicana* o *Pronuba yuccasela* Riley) perteneciente a la familia *Prodoidae*. Su importancia radica en varios aspectos como son su uso múltiple (textil, alimento, forraje, cerco vivo, ornamental, materia prima para la producción de anticonceptivos) y como protectoras del suelo y de muchas especies que interactúan en el ecosistemas (Granados y López, 1998).

Del género *Yuca* es importante señalar dos especies que *Yucca filifera* y *Yucca treculeana* ya que son muy importantes en Restauración y protección para contener avenidas de agua principalmente en arroyos pequeños en el desierto como se ha hecho en el estado de Chihuahua. *Yucca filifera* es de gran importancia económica para las comunidades, siendo sus hojas una fuente de fibra y sus flores muy usadas para su consumo en época de cuaresma. Además, los pobladores utilizan sus troncos y hojas

para la construcción de paredes y techos de sus viviendas, los tallos son frecuentemente usados como cercos para los corrales del ganado, obtención de fibra ixtle en menor proporción que la lechuguilla y alimentación por los racimos como tradición de comida y también utilizado como combustible (Nava, 1980).

Por ser una especie resistente a la sequía es usada en plantaciones en zonas áridas con fines de conservación del suelo, de la misma manera, es común verla formando corrales y cercas naturales en casas de campesinos, debido a su bajo costo, otro uso que se les da, es como plantas de ornato, observándoseles frecuentemente en avenidas de ciudades, carreteras y zonas recreativas (Nava, 1980).

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación. Son también la unidad móvil de la planta. Las semillas son el medio a través del cual, aún de manera pasiva, las plantas encuentran nuevos sitios y microambientes. En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para su éxito. Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento. Desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad, ya que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca mejor que ella. Indiscutiblemente, la semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Por tal motivo, son de gran interés científico-técnico los trabajos encaminados a estimular y prolongar la germinación y posterior conservación de las semillas, para poder elevar la productividad de los cultivos de forma sostenible y enfrentar los cambios en el entorno de manera más apropiada (Doria, 2010).

Las plantaciones realizadas con semillas a granel sin seleccionar palma o en su caso solo de un árbol y no de varios, son incorrectas ya que si se quiere conservar la diversidad genética de la población se tiene que tomar una muestra mayor y de forma individual para tener en la plantación la diversidad genética de la población y disminuir

problemas de adaptación o mortalidad y por lo menos hacer una selección en vivero de las mejores familias con mayor crecimiento en las poblaciones por lo tanto el estudio tiene como objetivo evaluar la variación entre familias de dos especies de *Yucca* considerando solo una población para cada una de ellas donde se pretende calcular a través de técnicas estadísticas relacionadas con el análisis de varianza, la variación existente en sus componentes genético y ambiental y, en ocasiones, la interacción entre ellos. Se puede determinar así si las diferencias entre procedencias o familias se deben a un efecto genético y la magnitud de esta diferenciación. Por otro lado, los componentes de la varianza permiten estimar parámetros como la heredabilidad o los coeficientes de variación genética aditiva (Jiménez y Collada, 2000).

Al respecto se han desarrollado pocos estudios sobresaliendo aquello que se desarrolló en las regiones "Baño de San Ignacio" y "Campus Linares" de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., en donde se seleccionaron sitios en los que *Yucca filifera* fuera un elemento florístico dominante. En el área del Baño de San Ignacio se marcaron 2 grupos de yucas experimentales, de 20 y 48 individuos. El primero de estos, para la descripción fenológica de la especie y el segundo para la estimación de la producción de biomasa. En ambas regiones, se realizaron colectas periódicas de ejemplares de inflorescencias e infrutescencias, además de llevar a cabo muestreos nocturnos de la palomilla *Tegeticula yuccaseüa* (Rentería, 2000).

A pesar de que algunos trabajos de propagación de dichas dos especies no han sido realmente estudiadas uno de los estudios de la palma azul (*Yucca rigida*) mostraron que las características fenotípicas de la población no manifestaron variaciones significativas en las variables evaluadas. Lo anterior se debe a la continuidad en el rango de altitud considerado para cada rodal, ya que al elegir solo plantas en sitios específicos de altitud, por ejemplo 1225, 1245 y 1265 msnm, es posible que estas diferencias fueran más contrastantes. No ha sido suficientes para indicar características de vigor de las plantas los efectos en el crecimiento cuando se colecta por familia y/o árbol individual ese aspecto es importante a que la calidad de la semilla la plántula al ser seleccionada como plantas con características fenotípicas superiores. Considerando que en México actualmente se utilizan las unidades productoras de germoplasma forestal como medios para seleccionar individuos fenotípicamente superiores ya sea para área semilleros o huertos semilleros existe una norma donde se establece los criterios para

el establecimiento de estas unidades de germoplasma forestal se realiza apegada a la normatividad vigente, señalada en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y Ley General de Vida Silvestre (para especies en la NOM-059–SEMARNAT-2010) y en la reciente NMX-AA-169-SCFI-2016 (CONAFOR, 2015; Flores *et al.*, 2011).

1.1 Objetivos e hipótesis

Caracterizar morfológicamente plántulas de *Yucca filifera* Chabaud y *Yucca treculeana* Carr. en etapa de vivero, seleccionando las mejores familias en cada especie.

Los objetivos específicos fueron:

- Comparar las familias de cada especie (planta seleccionada en campo) para las variables diámetro basal, diámetro de rosetas, altura de la planta, longitud de la hoja más larga, número de rosetas y número de hojas, como características morfológicas a 2 años de haberse trasplantado en bolsa.
- Seleccionar las mejores familias en base a los valores significativos de cada variable morfológica y la frecuencia de estas familias con respecto a las significancias de cada variable ponderando las variables de acuerdo a la importancia en la producción de plantas.

La hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1) propuestas fueron:

H_0 : Por lo menos una familia es diferente a otra familia en una de las variables morfológicas evaluadas en *Yucca filifera* y *Yucca treculeana*.

H_1 : Las variables morfológicas son iguales entre familias para las de *Yucca filifera* y *Yucca treculeana*.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Yucca filifera* Chabaud y *Yucca treculeana* Carr.

2.1.1 Descripción de la especie

Yucca filifera Chabaud forma parte del estrato arbóreo, principalmente en el Matorral Desértico. En México, es la especie con más amplia distribución y con las mayores densidades, se encuentra en Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán y en las porciones menos húmedas del Estado de México (Matuda y Piña, 1980).

Yucca filifera se desarrolla en suelos profundos y con acumulación de material fino, así como de texturas generalmente francas, esto tiene que ver con el desarrollo de su abundancia. Se localiza como elemento del matorral desértico micrófilo, siendo menos abundante en el matorral rosetófilo y aún menos frecuente en el matorral submontano (López, 1988).

Es una planta arborescente, que llega a medir más de 10 m de altura, es muy ramificada (hasta 40 ramas); las plantas viejas florecen de fines de abril a fines de mayo. Forman parte del estrato arbóreo, principalmente del Matorral Desértico. Habitan en planicies con suelos profundos, bien drenados o con deficiente drenaje (cuencas endorreicas); con altitudes dentro de 500 y 2400 msnm. Es característica de suelos calizos rocosos de la Altiplanicie, desde Texas hasta San Luis Potosí, sobre los flancos de las sierras y valles abiertos. Es el elemento vegetal prominente de las sierras del oeste de Coahuila, en lo que se llama "Faja de las Palmas". También crece silvestre en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas, los cuales forman parte de la superficie de la región septentrional de la Meseta Central y la Sierra Madre Oriental, que representa el 24% de la extensión territorial de toda la República mexicana. Las mayores densidades de esta especie se localizan en el municipio de Guadalcázar, (S.L.P.) encontrándose hasta 450 plantas por ha. Sin embargo, los ejemplares más desarrollados se encuentran en el Municipio de Ojinaga, Chih., esto se debe aparentemente a que esta localidad está fuera del área de explotación de esta planta (Granados y López, 1998).

Yucca treculeana Carr. Podemos encontrar esta especie en planicies con suelos profundos, algunas veces salinos; con altitudes entre 100 y 1600 msnm, formando parte

del Matorral desértico. Se distribuye en el centro-sur de Texas, Estados Unidos y en México en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Durango, encontrando sus mayores densidades en los municipios de Parras, San Pedro, Viesca y Torreón, Coahuila (Ortiz *et al.*, 2008; Matuda y Piña, 1980).

2.1.2 Importancia en México

El género *Yucca* se encuentra en una gran porción del norte (E.U.A. y México) en donde llega a ser en ciertas zonas una especie dominante, Como todo vegetal, contribuye a la defensa del suelo contra la erosión, favoreciendo al mismo tiempo la retención del agua y aumentando su contenido orgánico; como también proporcionando alimento, sombra y refugio (Granados y López, 1998).

Los nativos, antes de la conquista, ya utilizaban la *Yucca* en gran cantidad de cosas, que entre las principales era la extracción de la fibra de las hojas tiernas para fabricar costales, mantas, cordones, etc., y que en la actualidad se siguen conservando algunas de estas costumbres, de tal manera que la fibra extraída sigue siendo utilizada para fabricar, en su mayoría, los mismos productos que anteriormente se hacían significando actualmente para algunos campesinos el principal recurso económico (Granados y López, 1998).

En México existe al menos 30 especies de *Yucca*, de las que sobresale la *Yucca filifera*, ya que es la mayor extendida; se encuentra con una gran densidad que llega a ser en algunas partes más de 300 plantas por hectárea (López, 1988).

La composición florística de los matorrales xerófilos es diversa, variada y rica en endemismos. Se caracteriza por un número considerable de formas biológicas que han permitido a las especies adaptarse a la aridez. Un claro ejemplo son las Cactaceas, familia representada por una gran diversidad de taxa, entre las cuales las especies del género *Yucca* logran destacar en las comunidades vegetales puesto que pueden llegar a ser especies dominantes o dominantes (Rzedowski, 2006).

2.2 Tipos de propagación

El género *Yucca* se reproducen por semillas y vegetativamente, esta última puede ser por brotes o retoños. Una de las características comunes a todas las especies de

Yucca, es el tiempo que tardan en crecer y alcanzar la madurez (época en la cual la planta empieza a florecer). Se han reportado velocidades de crecimiento para ciertas especies que van desde 3 a 10 cm, Por año. O sea que se necesitan aproximadamente 50 años para que una *Yucca* alcance una altura de alrededor de 2.5 m y empiece a florecer. La floración no es uniforme, pues en una misma planta pueden existir ramas en plena floración, otras que la inician y otras más que están en fructificación. Todas las especies del género son entomófilas y su polinización sólo es posible mediante la intervención de un lepidóptero perteneciente al género *Tegenticula*, cuya larva se desarrolla en el interior del fruto, el adulto deposita sus huevecillos en el ovario de las flores, transportando así el polen de las anteras al estigma. El porcentaje de germinación de las semillas en la mayoría de las especies oscila entre un 60 y 80%, sin embargo, la viabilidad sólo alcanza un 48%. La reproducción asexual es por brotes o retoños tanto en las raíces como en el tronco, frecuentemente los retoños se originan en plantas relativamente jóvenes, y como los hijuelos crecen tan rápidamente como la planta madre, se producen grupos de individuos que parecen haber nacido juntos. Otras veces los retoños se producen en el tronco principal de la planta madre, al caer las ramas emiten raíces y brotes, formando así una nueva planta (Matuda y Piña, 1980).

La polinización es nocturna, cuando la *Yucca* esparce su perfume en el aire la hembra de la palomilla visita la flor, recorre el ovario para percatarse que tiene un grado de madurez conveniente y después lo perfora y deposita sus huevecillos dentro de uno de los óvulos, se lleva a cabo, como ya se mencionó, por medio de una especie de palomilla (*Tegeticula mexicana* o *Pronuba yuccasela*) perteneciente a la familia *Prodoidea* (Granados y López, 1998).

Enseguida y como si comprendiera que el ovario sin ser fecundado no podría desarrollarse y nutrir a las larvas, trepa por el estilo de la flor, a los estambres, recoge el polen y lo amasa con sus órganos bucales especialmente adaptados, llegando al estigma de la flor generalmente introduce en él el polen empujándolo hacia adentro. Para la larva, la semilla es una fuente de proteínas, carbohidratos, grasas, etc., pero sobre todo, es una fuente de compuestos esteroidales (las sapogeninas o su precursor: el colesterol). Este tipo de compuestos son trastornados por el insecto en los diferentes tipos de hormonas de maduración (ecdysonas). Estas hormonas son importantes para los insectos porque inducen los cambios larvarios, necesarios en su ciclo de vida (Ridaura, 1980).

Con el paso del tiempo y a través de un proceso evolutivo, el beneficio mutuo que existía entre *Yucca* y el insecto se ha convertido en una dependencia obligada, lo cual originó una relación simbiótica.

Al respecto existen varios aspectos que se desconocen. Por ejemplo, no se sabe con certeza si para cada especie de *Yucca* hay un insecto específico, o si una especie de insecto puede utilizar varias especies para llevar a cabo su ciclo biológico. También se desconoce la forma en que la *Yucca* le indica al insecto que está lista para ser polinizada; es decir, es probable que cuando la planta florece debe de emitir algún tipo de señal (química, visual, etcétera) que altere y atraiga a la polilla del género *Pronuba* (Granados y López, 1998).

No se tiene mucha información acerca de la *Pronuba*, así como tampoco de sus estados larvarios ni de los factores que intervienen en cada uno de ellos. Esto es importante, pues si por algún desequilibrio ecológico se tiene una región de *Yucca* en la que no se encuentre la *Pronuba*, no se cuenta con ninguna información que permita efectuar una repoblación de ellas para restablecer la producción de semilla. Germinación y crecimiento. Los porcentajes de germinación de las semillas en la mayoría de las especies oscilan entre el 70 y 90%, sin embargo, la viabilidad sólo alcanza un 48% (Granados y López; 1998).

A pesar de la gran cantidad de semillas que se forman y de los altos porcentajes de germinación y viabilidad, el número de plantas que alcanzan su estado adulto es muy bajo. Esto puede ser atribuido a la escasez e irregularidad de las lluvias y a la gran cantidad de plántulas que son devoradas por roedores.

En general, el crecimiento de las plántulas es lento, éstas al principio se confunden con algunas gramíneas para después adquirir la forma de una planta suculenta; las hojas embrionales duran por lo menos un año. Al llegar a los 4 ó 6 meses de edad las hojas embrionales son reemplazadas por las hojas características de la etapa adulta, y desde los 18 meses a 3 años la planta está totalmente cubierta con este tipo de hojas (Matuda y Piña, 1980).

La reproducción asexual es por medio de brotes o retoños tanto en las raíces como en el tronco, frecuentemente los retoños se originan en plantas relativamente jóvenes, y como los hijuelos crecen muy rápido al igual que la planta madre, se producen grupos de individuos que parecen haber nacido juntos. Otras veces los retoños se producen en el

tronco principal de la planta madre, debido a la rotura de sus ramas y algunas veces porque de las ramas derribadas éstas emiten raíces y brotes formando así una nueva planta (Matuda y Piña, 1980).

2.3 Variación y selección de individuos

Existen diversos factores que de forma individual y/o conjunta afectan el buen desarrollo de los individuos; como la intensidad de competencia (espacio) en la que se desarrollan los individuos y la procedencia del germoplasma, las cuales influyen en la supervivencia, y crecimiento de la planta, dicha competencia se intensifica a nivel intra-específico (mismo origen parental), afectando desde la capacidad de dispersión y viabilidad de semillas de las especies hasta la supervivencia de las mismas (Flores y Jurado, 2011), así como posteriormente al manejo del germoplasma colectado (almacenamiento) alterando la capacidad germinativa de estas especies (Meyran, 2015)

Asimismo, se ha estimado que reduce el tiempo efectivo de selección, ya que, con espacios reducidos los individuos expresan su potencial competitivo con anterioridad. En la mayoría de estudios sólo se manipula una variable para determinar cambios en el desempeño de los genotipos, como las variaciones ambientales, el tipo de suelo, la densidad de plantación, o la edad de selección (Meyran, 2015).

La variabilidad genética en sentido amplio es el componente básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman (Piñero *et al.*, 2008).

El conocimiento y comprensión de la variabilidad genética es de vital importancia tanto para la conservación y el avance de la genética evolutiva, como para la salud pública, la sustentabilidad y la productividad agrícolas, pecuarias, pesqueras y forestales. Específicamente, este conocimiento puede ser utilizado en varias vertientes: a) evaluar la capacidad de respuesta de las poblaciones y especies ante los cambios ambientales naturales o provocados por las actividades humanas conscientes o inconscientes; b) evaluar los riesgos de la pérdida de especies, poblaciones y recursos genéticos que disminuyen nuestra capacidad de sobrevivencia como sociedad y como especie; c) conocer la riqueza genética de la nación y su distribución geográfica; d) planear las

estrategias de aprovechamiento y conservación de poblaciones, especies y recursos genéticos; e) entender la forma, la velocidad y las causas de la pérdida de la diversidad genética; f) evaluar los riesgos de introducción de enfermedades, plagas, especies invasoras, variedades mejoradas y modificadas genéticamente sobre las poblaciones, especies nativas y recursos genéticos de plantas animales y humanos (Piñero *et al.*, 2008).

Las actividades fundamentales dentro de un programa convencional de mejoramiento genético incluyen la selección, la propagación masiva del material mejorado y la conservación de los recursos genéticos. La selección y mejoramiento es la actividad central, la selección es el primer paso e incluye la elección de genotipos deseables. La mejora incluye la formulación de un diseño de cruzamiento y la evaluación de la progenie resultante para la próxima generación. La selección para el mejoramiento se realiza en base a las características fenotípicas de los individuos (Sospedra *et al.*, 2009).

El mejoramiento genético forestal aplica los principios básicos de la genética al manejo de las especies forestales; dentro de sus objetivos fundamentales se encuentran el aumento de la productividad y la adaptabilidad de dichas especies, así como la conservación a largo plazo de la diversidad genética existente (Sospedra *et al.*, 2009).

El empleo de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF) garantiza la producción masiva de material genético superior, con origen y procedencia conocidos. De esta manera se obtiene germoplasma para la producción de plantas con mejor calidad, que pueden establecerse en lugares ecológicamente aptos para su desarrollo, y se controla su movimiento. Las fuentes de recolección de germoplasma son: rodales semilleros, individuos superiores, huertos semilleros, bancos clonales y ensayos de procedencia y progenie (Zobel y Talbert, 1988). Actualmente en México las UPGF se rigen de acuerdo a los criterios y especificaciones que la norma NMX-AA -169 SCFL-2016 establece. Por lo tanto la cantidad y calidad germoplasma que se obtiene en un rodal depende de las características del arbolado (fenotípicas, edad del árbol y etapa fenológica de los individuos), los cuales son individuos de calidad genética superior al resto del área de donde se encuentre la especie de interés, con edad reproductiva, con porte sano y vigoroso, y libres de plagas y enfermedades (CONAFOR, 2015; SINEC, 2016).

2.4 Estudios relacionados con el trabajo de investigación

El aprovechamiento, conservación y propagación de la palma azul (*Yucca rigida*) tiene grandes perspectivas en el norte de México, ya que es una especie ornamental importante, endémica de la Comarca Lagunera. Este estudio se realizó en el 2007 en poblaciones naturales de palma azul (*Yucca rigida*) en el municipio de Mapimí, Durango, México. El objetivo fue caracterizar el hábitat y evaluar la población con base en diferentes altitudes (rodales) detectados, considerando densidad poblacional y las características de altura de planta, número de ramificaciones, diámetro de tallo (área basal), número de frutos por planta, número de semillas por fruto y porcentaje de germinación. Los resultados muestran que *Yucca rigida* prefiere suelos poco profundos y se encuentra asociada a vegetación desértica rosetófila y micrófila en altitudes de 1200 a 1300 msnm. Se encontró una densidad poblacional de 890 plantas ha⁻¹ y conforme aumenta la altitud del sitio, la altura de planta y el diámetro del tallo (área basal) tienden a incrementar. Se observó un porcentaje reducido de semillas inmaduras, lo que indica que el polinizador tiene buena eficiencia, y aunado a la polinización cruzada favorece la mayor diversidad de estas plantas (Flores *et al.*, 2011).

En otro estudio las variables de planta, hoja, número y longitud de espinas, también fueron útiles para separar poblaciones de agaves pulqueros como el *Agave salmiana* (Alfaro *et al.*, 2007). También Mora-López *et al.*, (2011) encontraron que la altura y diámetro de la roseta, longitud de hoja, longitud, número y distancia entre dientes fueron variables, que permitieron separar poblaciones del género *Agave*. Por otro lado, características como la duración del ciclo de vida, tamaño y coloración de las hojas, así como el tamaño de las espinas, han permitido distinguir claramente a dos variedades de *A. tequilana*, Chato y Azul (Gil *et al.*, 2006). Rodríguez *et al.* (2009) separaron *A. angustifolia* de *tequilana* en dos grupos principales utilizando variables como el número de diente que se encuentran en 10 cm, longitud de diente, ancho del diente basal, la distancia máxima entre los dientes y el ancho de las hojas, evaluadas en 49 accesiones de *Agave tequilana* y 18 de *Agave angustifolia*.

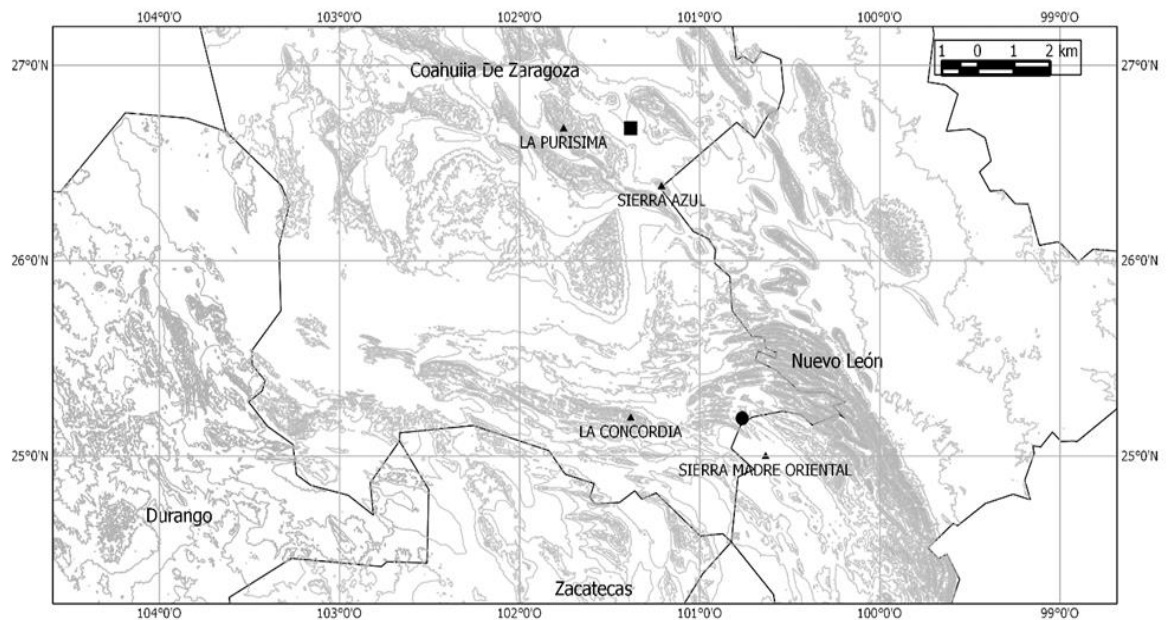
La diversidad encontrada en este estudio puede deberse a que *A. cupreata* se reproduce estrictamente por semillas, lo cual concuerda con lo reportado por Abraham-Juárez *et al.* (2009). Estos autores mostraron que el dendograma genera un mayor nivel de polimorfismo en los individuos reproducidos sexualmente y por consecuencia, mayor

diversidad que los reproducidos asexualmente, al estudiar la variabilidad genética en tres formas de reproducción (rizomas, bulbos y semillas) de *A. tequilana*.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Antecedentes del área de colecta y de propagación de plantas en invernadero

El área de estudio corresponde a una población de *Yucca filifera* y otra de *Yucca treculeana*, las cuales se encuentran en las localidades de Huachichil, Arteaga, Coah. y Santa Teresa, Castaños, Coah., respectivamente. Parte de la primera población colinda con el Estado de Nuevo León. Ambas poblaciones se ubican en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, formando parte de las subprovincias Gran Sierra Plegada y Pliegues Saltillo-Parras respectivamente (Figura 1) (Treviño, 2015).



● Localidad Huachichil; ■ Localidad Santa Teresa; ▲ Sierras colindantes a las localidades.

Figura 1. Distribución de las poblaciones de *Yucca filifera* en Huachichil, Arteaga, Coah. y *Yucca treculeana* en Santa Teresa, Castaños, Coah (Treviño, 2015).

Dado que lo que se buscó, fue comparar y evaluar las plántulas que germinen de cada individuo en cada especie, los tratamientos fueron cada uno de los individuos que fueron seleccionados y evaluados durante recolección de semilla. Siendo en total 30 tratamientos por especie y 21 semillas por unidad experimental. La mezcla de sustrato utilizada para el experimento será a base de perlita, vermiculita, peat-moss y osmocote (125 L, 114 L, 107 L y 1 kg, respectivamente) en bolsas de plástico de polietileno.

Una vez que germinó la primera plántula, se registró durante 21 días la germinación diaria, para determinar valor de germinación, este concepto nos permite combinar en una sola cifra la germinación total al término del periodo de ensayo y la velocidad de germinación.

La recolección de semilla se realizó mediante un muestreo selectivo, seleccionando 30 individuos de cada especie. De cada individuo se recolectaron entre 25 y 30 cápsulas, evitando recolectar cápsulas incompletas o con indicios de plagas u hongos. Dado que *Yucca filifera* presenta más de una panícula, se seleccionaron dos de ellas para efectuar la recolección.

Los criterios de selección de palmas fueron: presentar panículas con suficientes cápsulas, individuos sanos, sin daños mecánicos, distancia de al menos 50 m entre palmas para evitar la recolección de semilla entre palmas emparentadas, en caso de que se encontrara un grupo de palmas con fructificación, se seleccionó aquella de altura dominante (Treviño, 2015).

3.2 Descripción del área de vivero

El presente estudio se realizó en el invernadero del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situado en Buenavista, localizada al sur de la ciudad de Saltillo; con coordenadas 25°20'57.40" N y 101°01'58.24" O.

El clima en el campus universitario de la UAAAN, presenta un clima semicálido BW con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal superior al 10% del total anual (García, 1973).

3.3 Variables morfológicas

Antes de iniciar el análisis estadístico se examinaron los datos para detectar datos aberrantes, detectar errores en la entrada de datos, detectar la normalidad de cada variable como parte del cumplimiento de supuestos en el análisis de varianza, asegurarse de que se cumplan los supuestos de los análisis estadísticos que se realizarán, interpretar desviaciones y detectar valores inusuales.

Para obtener los resultados se realizó el procedimiento en el programa SAS: PROC UNIVARIATE cuando el objetivo del análisis es probar una hipótesis o bien cualquier otro análisis más profundo de los datos, es interesante explorar más detalladamente las variables y obtener otros estadísticos descriptivos así como pruebas relativas a la distribución de los datos o bien representaciones gráficas.

Muchos de los estadísticos que produce el procedimiento UNIVARIATE también se obtienen con el procedimiento MEANS. El procedimiento UNIVARIATE incorpora estadísticos tales como los resultados de diferentes tests no paramétricos, tests de normalidad, y estadísticos descriptivos como percentiles, moda y valores más extremos.

Durante el procedimiento UNIVARIATE realiza tres tipos diferentes de representaciones de los datos si se especifica la opción PLOT: Histograma, un diagrama de cajas y una gráfica para comparar la función de probabilidades de los datos con la función de probabilidades de una variable aleatoria con distribución Normal con la misma media y desviación que la variable descrita (Portela, 2007).

Los gráficos que se obtuvieron para representar una variable dentro del análisis procedimiento UNIVARIATE fue el histograma, gráficos de caja (Boxplot) y la gráfica de probabilidad normal. Los gráficos nos sirvieron para detectar datos atípicos, asimetría de la distribución, cambios en variabilidad así como la no-linealidad.

En la transformación de variables contables fue necesaria para solucionar problemas de asimetría, heterogeneidad de varianza, no-linealidad y atípicos. Para ello se utilizó la fórmula logaritmo natural ya que los datos siguen la distribución lognormal.

Con el objetivo de hacer que la distribución de la variable se acerque a una distribución normal, reducir cualquier relación que pueda existir entre la media y la varianza (mejorar la heterogeneidad de varianza), así como reducir la influencia de atípicos. Una vez transformada la variable se debe corroborar que la transformación mejoró la distribución de la variable.

Se utilizó el diseño completamente al azar desbalanceado ya que el número de réplicas de cada tratamiento es diferente y así en cada tratamiento tendrá r_i réplicas ($i=1,2,3,\dots,t$) (Zar, 2010).

El error tipo ε_{ij} – es el error atribuido a la medición y_{ij} , las variables que se utilizaron para correr el modelo fueron diámetro de rosetas (DR), número de rosetas (NR), número de hojas (NH), altura (H), diámetro basal de rosetas (DBR), longitud de la

hoja más larga (LHL), número de rebrotes (NRB) (Figura 2 y 3) en las que se utilizaron todas las plantas para *Yucca filifera* fue un total de 549 plantas y para *Yucca treculeana* 333 plantas.

También se realizó una combinación de algunas variables morfológicas como diámetro de rosetas, diámetro basal de rosetas y la altura para analizar si existe relación y tiene buen ajuste en las gráficas de salida.

Y las variables combinadas por sumatorias fueron B1 en estas se sumaron las variables diámetro de rosetas, diámetro basal de rosetas y la altura de la hoja más larga, para B2 se sumaron las variables diámetro basal de rosetas, la altura, longitud de la hoja más larga y para B3 se sumaron las variables diámetro de rosetas, diámetro basal de rosetas, altura y longitud de la hoja más larga, (número de rosetas número de hojas y número de rebrotes cabe mencionar que estas tres variables ultimas fueron transformadas).

Cada uno de los cuadros en la imagen (Figuras 2 y 3) es equivalente a 2 cm X 2 cm en la que se muestran las plantas representativas de cada especie de *Yucca filifera* y *Yucca treculeana*.

La prueba de Bonferroni (Dunn) se utilizó para la comparación entre los tratamientos en diseños desbalanceados nos permitió construir un conjunto de r intervalos de confianza simultáneos para las medias de los tratamientos o las diferencias en las medias de los tratamientos para los que el nivel de confianza global es de al menos $100(1 - \alpha)$ por ciento. Cuando r no es muy grande, éste es un método muy atinado que produce intervalos de confianza razonablemente cortos (Sit, 1995).

El test de Bonferroni nos permitió controlar el nivel de confianza simultáneo para un conjunto completo de intervalos de confianza. Es importante considerar el nivel de confianza simultáneo cuando se examinan múltiples intervalos de confianza porque las probabilidades de que al menos uno de los intervalos de confianza no contenga el parámetro de población son mayores para un conjunto de intervalos que para cualquier intervalo individual. Para contrarrestar esta tasa de error más elevada, el método de Bonferroni ajusta el nivel de confianza para cada intervalo individual, de manera que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que ha especificado (Sit, 1995).

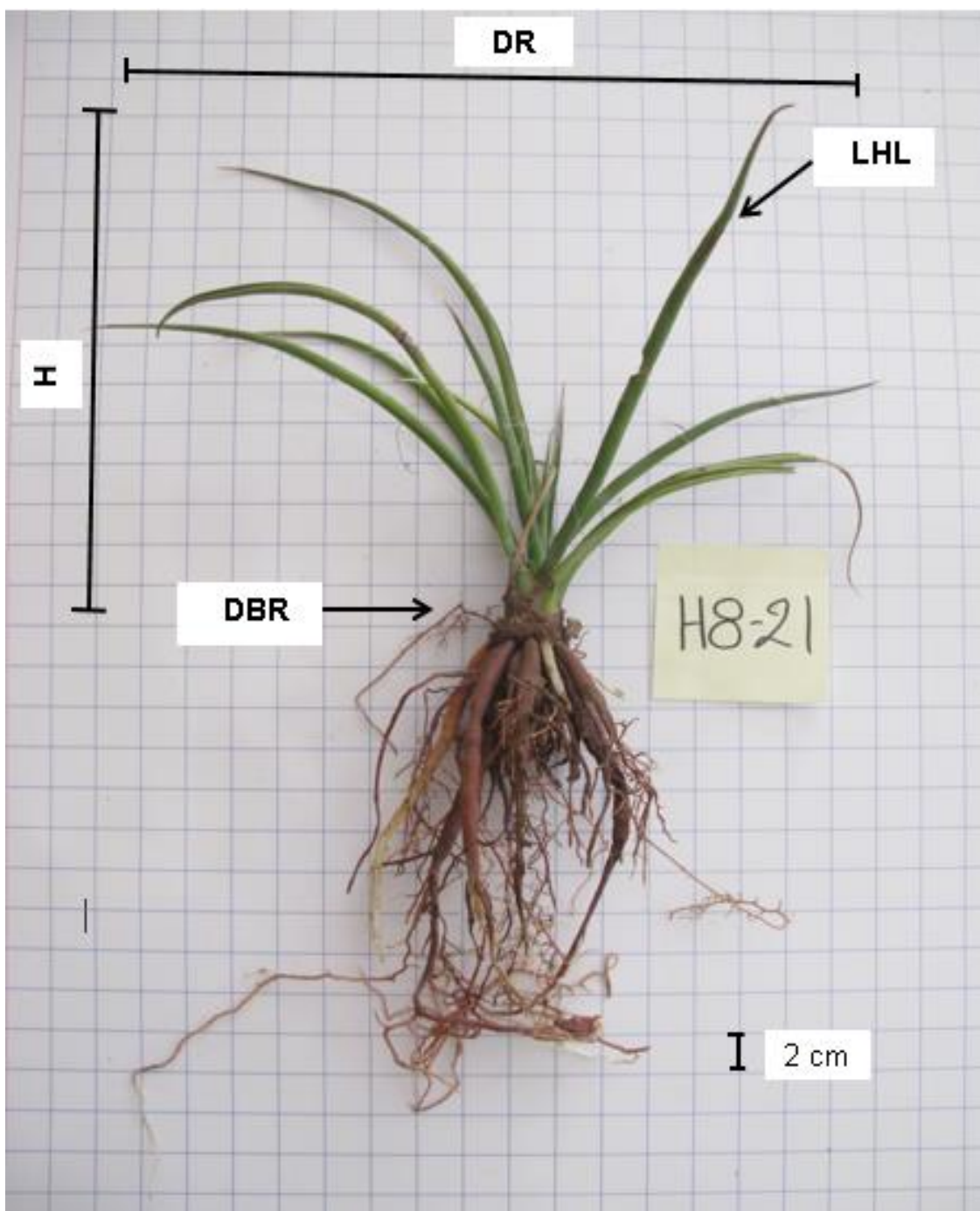


Figura 2. Características morfológicas de plántulas de *Yucca filifera* para la evaluación de calidad de plántulas. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm).

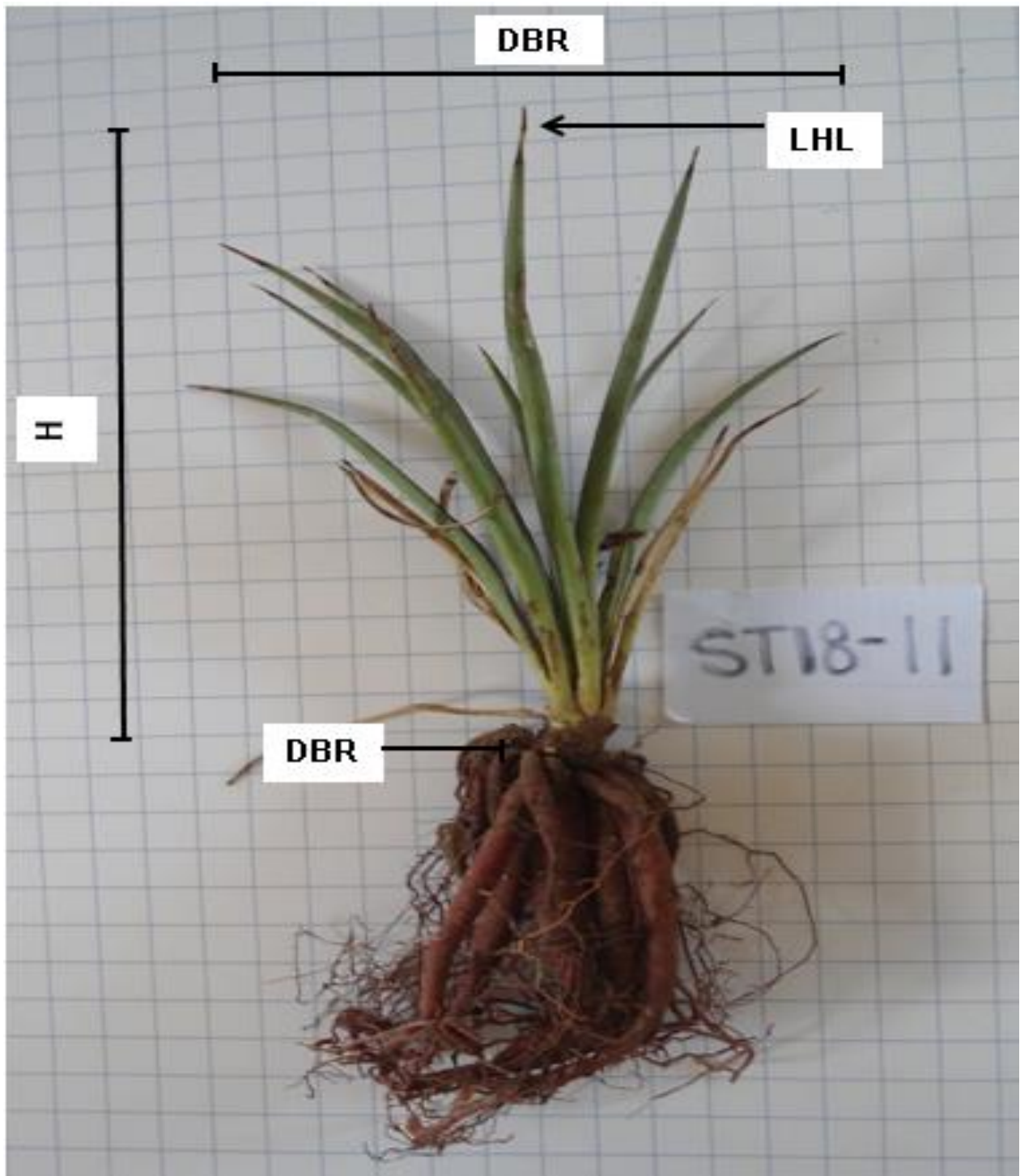


Figura 3. Características morfológicas de plántulas de *Yucca treculeana* para la evaluación de calidad de plántulas. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm).



Figura 4. *Yucca filifera*: Equipo y partes de la planta para registrar el peso verde de la parte aérea y radicular.

3.4 Variables morfológicas para evaluar calidad de planta

Las características morfológicas fueron evaluadas en cuatro plántulas de cada tratamiento y de cada bloque para ambas especies, siendo extraídas completamente, para registrar el peso verde de la parte aérea y radicular de la plántula (Figura 4). Posteriormente fueron colocadas en una estufa de secado a 105°C durante un periodo de 2-3 días para evaluar el peso anhidro radicular y aéreo de cada plántula.

En la morfología las características para evaluar la calidad de plántulas fueron: peso total de plántulas, peso de brotes y peso de raíz en gramos sobre una base seca al horno; diámetro del collar de raíz en milímetros; y altura en centímetros.

El índice de Calidad de Dickson evalúa la calidad de la planta a través de características morfológicas de la planta, expresadas mediante la fórmula:

$$ICD = \frac{PST}{\frac{H \cdot PSA}{D} + PSR}$$

Dónde:

ICD= Índice de Calidad de Dickson

PST= Peso seco total de la plántula (g)

H= Altura (cm)

D= Diámetro cuello de la raíz (mm)

PSA= Peso seco aéreo (g)

PSR= Peso seco radicular (g)

El análisis estadístico para el análisis de crecimiento y morfología fue realizado en el programa Statistical Analysis System (SAS), utilizando el procedimiento PROC GLM mediante diseño completamente al azar, el modelo estadístico PROC GLM, es el siguiente (Gutiérrez-Pulido y De la Vara-Salazar, 2008):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación de la j-ésima palma correspondiente a la i-ésima especie

μ = Media general

T_i = Efecto de la i-ésima especie

E_{ij} = Error experimental

$i = 1, 2$

$j = 1, 2, \dots, 3.$

El análisis de varianza para las variables altura de la planta (H), longitud de la raíz (LR), longitud de la hoja más larga (LHL), diámetro del tallo (D), diámetros y altura de rebrotes (cm), peso verde aéreo, peso verde de la raíz, peso seco aéreo, peso seco de la raíz (Figura 5), estas variables fueron las que se utilizaron para poder sacar el índice de Dickson.

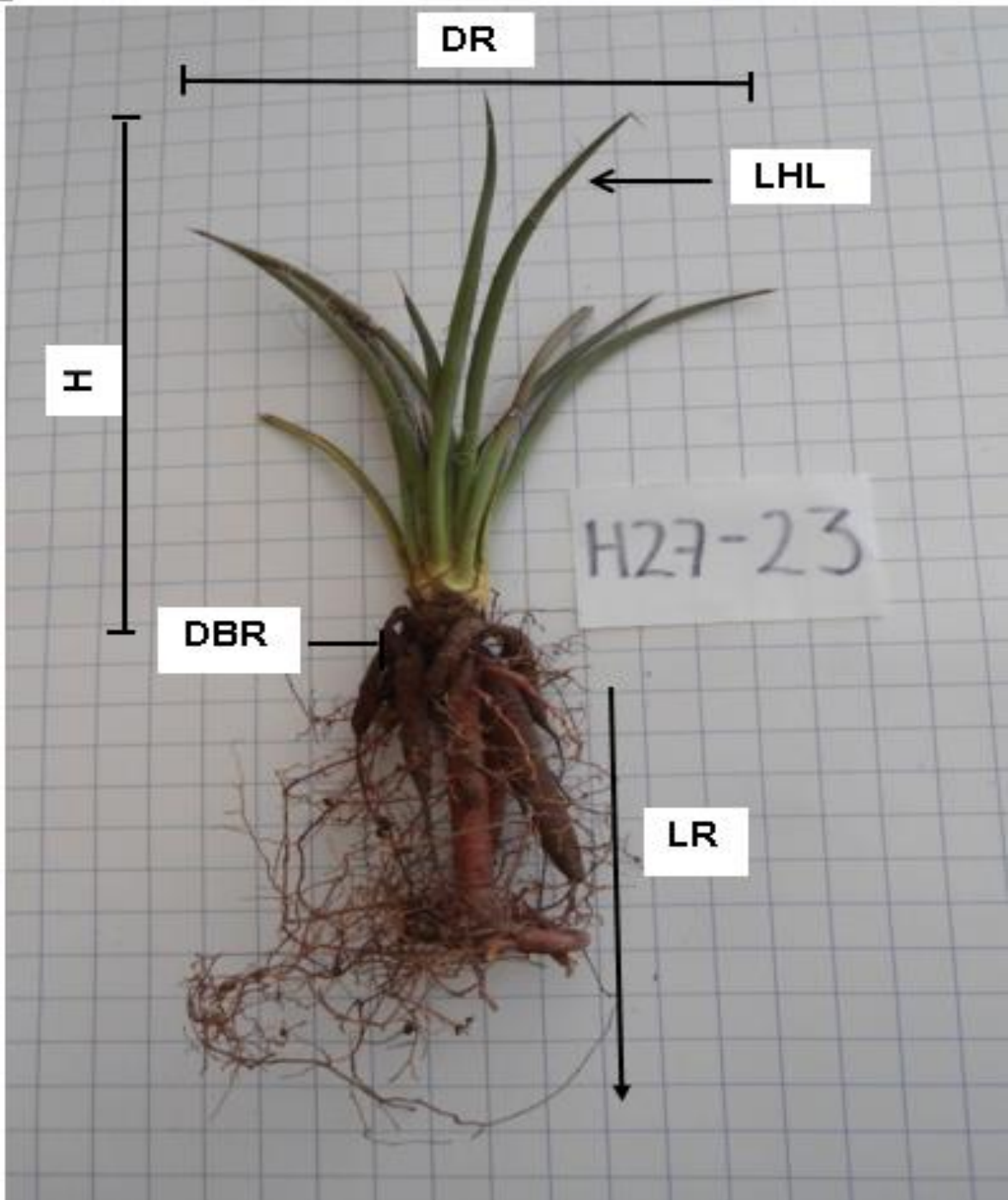


Figura 5. Partes de la planta de Yucca para sacar su peso y medidas para el índice de Dickson. H: Altura (cm), DR: Diámetro de rosetas (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), DBR: Diámetro basal de rosetas (mm) Y LR: Longitud de la raíz (cm).

4 RESULTADOS

4.1 Comparación y selección de familias para *Yucca filifera*

4.1.1 Variables morfológicas

Las familias más representativas de la población en *Yucca filifera* fueron la familia 1, 4, 7, 13, 19, 23, 25 y la familia 28, ya que en el análisis estadístico fueron las más constantes y repetitivas al evaluar las variables: diámetro de rosetas (DR), número de hojas (NH), longitud de la hoja más larga (LHL), diámetro basal de rosetas (DBR), así como en las transformaciones de números de rosetas (TNR), transformación de número de hojas (TNH); así como las sumatorias $BIO1=DR+DBR+H$ y $BIO2=DR+DBR+H+LHL$ (Anexo 1, Cuadro 1).

Cabe destacar que dentro de las variables donde se encontraron mayores diferencias significativas al menos la familia 1 en donde la altura y longitud de la hoja más larga, resaltaron con mayor significancia, mientras que en las variables número de hojas y número de rosetas no se presentaron diferencias significativas por las que tuvieron que ser descartadas.

4.1.2 Variables morfológicas de calidad de planta

Las familias con mayor diferenciación morfológicas en calidad de plantas fueron las familias 20, 21, 23, 27, 28, 29 y 30 realizando el análisis estadístico obteniendo las medias y varianzas de las variables H (altura), LR (longitud de la raíz), LHL (longitud de la hoja más larga), D (diámetro del cuello de rosetas), PVA (peso verde aéreo), PVR (peso verde radicular), PVT (peso verde total), PSA (peso seco aéreo), PSR (peso seco de la raíz), PST (peso seco total) y ICD finalmente obtener las medias y varianzas para el índice de calidad de Dickson (Anexo 2, Cuadro 2).

4.2. Comparación y selección de familias para *Yucca treculeana*

4.2.1 Variables morfológicas

Las familias más representativas de la población en *Yucca treculeana* fueron la familia 2, 7, 10, 11, 18, 20, 22 y la familia 25, de igual manera en el análisis estadístico fueron las más constantes y repetitivas al evaluar las variables: diámetro de rosetas (DR), número de hojas (NH), longitud de la hoja más larga (LHL), diámetro basal de rosetas (DBR), así como en las transformaciones de números de rosetas (TNR), Transformación

de número de hojas (TNH); así como las sumatorias $BIO1=DR+DBR+H$ y $BIO2=DR+DBR+H+LHL$ (Anexo 3, Cuadro 3).

Cuadro 1. Familias con mayor diferenciación morfológica de *Yucca filifera*

Familia	Variable	Media	Desviación estándar
1	DR	22.95	7.63
	NR	2.95	0.51
	NH	13.05	3.19
	H	22.24	5.59
	DBR	2.21	0.47
	LHL	27.28	5.43
4	DR	30.50	7.23
	NR	2.65	0.56
	NH	12.54	3.16
	H	20.32	5.27
	DBR	2.12	0.61
	LHL	25.70	5.66
7	DR	29.69	6.50
	NR	2.82	0.51
	NH	13.00	2.46
	H	20.92	5.95
	DBR	2.15	0.34
	LHL	25.92	6.60
13	DR	33.03	6.93
	NR	2.80	0.61
	NH	12.54	3.03
	H	19.66	3.53
	DBR	1.87	0.45
	LHL	25.94	4.65
19	DR	29.70	6.59
	NR	2.41	0.61
	NH	12.04	2.79
	H	21.30	9.18
	DBR	2.14	0.63
	LHL	25.70	7.72

23	DR	30.46	7.05
	NR	2.95	0.49
	NH	13.28	2.70
	H	17.26	4.08
	DBR	2.29	0.45
	LHL	24.47	5.26
25	DR	33.98	5.30
	NR	2.96	0.69
	NH	14.88	3.29
	H	18.16	4.83
	DBR	2.32	0.49
	LHL	26.48	4.08
28	DR	28.67	5.06
	NR	3.33	0.63
	NH	14.05	3.20
	H	18.34	4.36
	DBR	2.83	0.44
	LHL	24.62	5.02

DR: Diámetro de rosetas (cm); NR: Número de rosetas; NH: Número de hojas; ALT: Altura (cm); DBR: Diámetro basal de rosetas (mm); LHL: longitud de la hoja más larga (cm).

Cuadro 2. Familias con mayor diferenciación morfológica en calidad de planta *Yucca filifera*.

Familia	Variable	Media	Desviación estándar
1	H	24.63	1.93
	LR	25.85	4.38
	LHL	26.13	1.75
	D	24.83	5.73
	PVA	30.88	16.92
	PVR	99.73	35.55
	PVT	130.60	52.30
	PSA	9.50	4.45
	PSR	38.98	32.76
	PST	48.48	35.97
	ICD	37.82	29.56
20	H	22.45	1.90
	LR	26.60	2.22
	LHL	27.48	2.60
	D	30.00	3.31
	PVA	52.50	9.20
	PVR	121.50	40.16
	PVT	174.00	49.20
	PSA	14.43	5.97
	PSR	49.48	20.46
PST	63.90	22.96	
ICD	61.36	26.46	
21	H	24.00	1.37
	LR	34.80	11.41
	LHL	26.55	3.00
	D	27.18	3.07
	PVA	37.20	6.86
	PVR	102.33	15.57
	PVT	139.53	21.60
	PSA	10.38	3.69
	PSR	45.18	5.30
PST	55.55	8.76	
ICD	50.13	9.71	
23	H	24.53	5.48
	LR	27.18	10.72
	LHL	27.48	7.02
	D	29.58	2.73
	PVA	41.85	5.59
	PVR	118.38	21.67
	PVT	160.23	19.18
	PSA	10.48	1.67
	PSR	46.00	30.07
PST	56.48	28.52	
ICD	54.69	38.48	
27	H	21.25	2.13
	LR	26.63	2.23
	LHL	25.30	2.26
	D	27.45	2.66

28	PVA	34.25	6.45
	PVR	81.75	31.49
	PVT	116.00	37.54
	PSA	13.03	2.38
	PSR	45.00	18.80
	PST	58.03	21.03
	ICD	56.92	28.95
	H	20.50	1.63
	LR	25.05	3.14
	LHL	26.68	3.25
	D	30.50	7.28
29	PVA	34.00	12.83
	PVR	77.75	39.87
	PVT	111.75	51.98
	PSA	12.00	5.08
	PSR	39.35	29.34
	PST	51.35	34.36
	ICD	55.55	46.63
	H	21.05	2.00
	LR	25.05	3.50
30	LHL	31.40	6.02
	D	24.85	1.64
	PVA	34.25	2.99
	PVR	90.75	17.86
	PVT	125.00	17.40
	PSA	9.98	1.21
	PSR	42.38	13.57
	PST	52.35	13.90
	ICD	47.13	9.82
30	H	22.00	2.08
	LR	23.28	2.32
	LHL	24.78	2.31
	D	31.10	5.48
	PVA	33.75	12.84
	PVR	81.25	34.00
	PVT	115.00	42.25
	PSA	13.68	6.41
	PSR	28.13	17.96
PST	41.80	24.24	
ICD	36.48	27.57	

Donde: H: Altura (cm), LR: Longitud de la raíz (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga(cm), D: Diámetro del cuello de rosetas (mm), PVA: Peso verde aéreo (gr), PVR: Peso verde radicular (gr), PVT: Peso verde total (gr), PSA: Peso seco aéreo (gr), PSR: Peso seco de la raíz (gr), PST: Peso seco total (gr) y ICD: Índice de calidad de Dickson.

Cuadro 3. Familias con mayor diferenciación en las variables de *Yucca treculeana*.

Familia	Variable	media	desviación estándar
2	DR	34.95	9.01
	NR	3.26	0.69
	NH	10.13	1.91
	H	20.77	5.63
	DBR	1.77	0.38
	LHL	31.30	4.16
7	DR	37.71	10.52
	NR	2.96	0.64
	NH	8.43	1.80
	H	22.82	6.16
	DBR	1.62	0.44
	LHL	36.57	7.66
10	DR	38.56	9.58
	NR	3.26	0.85
	NH	10.76	2.96
	H	20.74	5.51
	DBR	1.82	0.54
	LHL	33.17	6.55
11	DR	35.89	9.03
	NR	3.19	0.64
	NH	11.36	2.31
	H	24.90	5.90
	DBR	1.92	0.45
	LHL	31.96	6.47
18	DR	31.86	8.35
	NR	2.83	0.70
	NH	9.42	2.50
	H	22.95	4.91
	DBR	1.53	0.43
	LHL	30.53	5.20
20	DR	37.56	11.34
	NR	2.43	0.57

	NH	8.69	2.35	
	H	26.05	7.76	
	DBR	1.55	0.43	
	LHL	36.54	8.17	
	22	DR	36.32	8.93
		NR	2.49	0.51
NH		9.68	2.03	
H		19.83	5.53	
DBR		1.66	0.43	
LHL		32.00	4.57	
30	DR	33.14	7.76	
	NR	2.30	0.51	
	NH	7.36	2.07	
	H	22.32	3.89	
	DBR	1.87	0.45	
	LHL	28.98	4.52	

Donde, DR: Diámetro de rosetas (cm); NR: Número de rosetas; NH: Número de hojas; ALT: Altura (cm); DBR: Diámetro basal de rosetas (mm); LHL: longitud de la hoja más larga (cm).

Cuadro 4. Familias con mayor diferenciación morfológica en calidad de planta *Yucca treculeana*.

Familia	Variable	Media	Desviación estándar	
2	H	23.78	1.55	
	LR	19.53	2.81	
	LHL	33.55	5.42	
	D	24.25	3.06	
	PVA	38.25	13.87	
	PVR	95.75	28.24	
	PVT	134.00	41.09	
	PSA	22.30	14.62	
	PSR	52.28	27.46	
	PST	74.58	12.85	
	7	H	29.10	7.66
		LR	19.63	1.33
LHL		39.10	5.59	
D		26.05	5.18	
PVA		37.50	19.07	
PVR		74.25	42.31	
PVT		111.75	60.93	
PSA		17.03	8.79	
PSR		33.28	25.75	
PST		50.30	34.03	
10		H	27.90	5.92
		LR	21.25	3.79
	LHL	36.83	4.74	
	D	24.08	3.20	
	PVA	41.25	15.17	
	PVR	106.25	37.19	
	PVT	147.50	50.57	
	PSA	18.60	6.90	
	PSR	59.33	32.04	
	PST	77.93	37.04	
	18	H	26.63	4.42
		LR	27.30	10.61
LHL		33.57	5.56	
D		25.37	3.09	
PVA		41.33	6.65	
PVR		113.67	25.93	
PVT		155.00	32.54	
PSA		17.23	2.50	
PSR		39.13	16.09	
20		PST	56.37	18.58
	H	36.25	11.33	
	LR	19.43	1.62	
	LHL	41.23	11.23	
	D	28.68	4.00	
	PVA	59.75	15.73	
	PVR	128.00	45.20	
	PVT	187.75	53.41	
	PSA	23.55	7.43	
	PSR	43.45	23.03	
	PST	67.00	27.69	
	21	H	26.00	4.02
LR		20.95	3.73	
LHL		30.63	5.64	
D		24.12	3.51	
PVA		36.75	8.73	
PVR		81.00	24.04	
PVT		117.75	31.70	
PSA		14.73	3.63	
PSR		25.83	14.84	
PST		40.55	18.31	
27		H	23.63	3.30
		LR	19.30	3.05
	LHL	31.25	5.18	
	D	28.30	4.54	
	PVA	37.00	11.40	
	PVR	82.00	33.65	
	PVT	119.00	42.07	
	PSA	15.53	3.35	
	PSR	32.35	25.06	
	PST	47.88	26.28	
	30	H	22.13	10.60
		LR	21.13	2.02
LHL		36.03	6.05	
D		28.58	2.20	
PVA		53.75	5.91	
PVR		125.00	15.90	
PVT		178.75	20.74	
PSA		22.10	3.91	
PSR		57.63	15.37	
PST		73.25	31.78	

Donde: H: Altura (cm), LR: Longitud de la raíz (cm), LHL: Longitud de la hoja más larga (cm), D: Diámetro del cuello de rosetas (mm), PVA: Peso verde aéreo (gr), PVR: Peso verde radicular (gr), PVT: Peso verde total (gr), PSA: Peso seco aéreo (gr), PSR: Peso seco de la raíz (gr), PST: Peso seco total (gr) y ICD: Índice de calidad de Dickson.

Cabe destacar que dentro de las variables donde se encontraron mayores diferencias significativas al menos para familia 7 y 20 en donde las variables altura y longitud de la hoja más larga así como también la combinación BIO 1, mientras que en las variables número de hojas y número de rosetas no se presentaron diferencias significativas por las que tuvieron que ser descartadas.

4.2.2 Variables morfológicas de calidad de planta

Las familias con mayor diferenciación morfológicas en calidad de planta en *Yucca treculeana* fueron las familias 20, 21, 23, 27, 28, 29 y 30 realizando el análisis estadístico obteniendo las medias y varianzas de las variables H (altura), LR (longitud de la raíz), LHL (longitud de la hoja más larga), D (diámetro del cuello de rosetas), PVA (peso verde aéreo), PVR (peso verde radicular), PVT (peso verde total), PSA (peso seco aéreo), PSR (peso seco de la raíz, PST (peso seco total) y ICD finalmente obtener las medias y varianzas para el índice de calidad de Dickson (Anexo 4, Cuadro 4).

5 DISCUSIÓN

En el presente trabajo podemos observar que la altura es un indicador de gran importancia y uno de los estudios que respaldan esta información es aquella que se realizó en Mapimi, Durango, en donde se muestra que la condición de área de palmas está de acuerdo a la altura, que en cierta medida es un indicador de la sucesión poblacional, en donde hace ver una población en condición deseable, debido a la curva de distribución normal que presenta con un rango de altura que va desde plantas pequeñas de 0.32 m hasta ejemplares de 2.99 m de altura. La altura promedio de la población es de 1.68 m. Para esta variable se observó una tendencia de que a mayor altitud del lugar la altura de planta es mayor ($r=0.99$, $p=0.085$).y de acuerdo a los resultados un efecto la altitud donde fueron colectadas las plantas a lo largo de la población (Meyran, 2015).

Sin embargo las características fenotípicas muchas veces no muestran variaciones significativas debido a la continuidad en el rango de altitud considerado para cada población, ya que los rangos en *Yucca treculeana* fueron de 50 metros de distancia entre palmas de igual manera se para *Yucca filifera* fueron de a tal parte), por lo tanto debería ver más contraste y otras poblaciones adicionales que deberíamos evaluar, otros investigadores señalan la importancia de altitud así como también el tipo de suelo de la región y más específicamente en como el gradiente de altitud interactúa con la temperatura para favorecer el crecimiento de determinadas especies, que en este estudio estos factores y su interacción puede ser el resultado de las diferencias entre familias (Flores *et al.*, 2011).

De acuerdo a la selección de plantas en las dos poblaciones de yuca, existe un estudio semejante de agave papalote (*Agave cupreata* Trelease) que es una especie endémica del estado de Guerrero, México. El objetivo de dicho estudio fue determinar la variación morfológica dentro de poblaciones silvestres y cultivadas en donde se evaluaron *in situ* 91 caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos de la planta (de los cuales se seleccionaron 51), hoja, espina, flor, fruto, semilla y escapo floral. El trabajo se efectuó en cinco zonas con diferente gradiente altitudinal de acuerdo al nivel de producción de mezcal. De cada zona se seleccionaron 20 plantas. El análisis de componentes principales indico que los primeros seis componentes principales (CP) explicaron el 60,1% de la variación total. El CP1 estuvo relacionado con la altura de la

planta y el CP2 con el hábito de crecimiento y forma de la hoja. Se identificaron cinco grupos. La caracterización morfológica *in situ* permitió detectar variación morfológica en las poblaciones silvestres y cultivadas. Dicha variación fue detectada en el hábito de crecimiento, altura de la roseta, longitud de tallo, forma de hoja, forma del margen, número de costillas, ancho de espina terminal, longitud y grosor de la espina marginal (Avendaño *et al.*, 2015). Por lo tanto las variables que definieron en nuestros resultados las mejores 8 familias en ambas especies están relacionado con dicho estudio con respecto a la altura de la planta.

Por otra parte, para el índice de calidad de dickson (ICD), la mayor parte de los trabajos están enfocados en especies forestales de coníferas como por ejemplo el realizado en el Vivero Forestal El Centinela, Jalisco en éste se evaluó la calidad de planta, a partir del conjunto de atributos morfológicos en *Pinus devoniana* Lindley con siete meses de edad, los resultados obtenidos clasificaron a las plantas como baja calidad debido a que mostró una relación notablemente desequilibrada entre las porciones apical y radical; asimismo, existieron deficiencias de nitrógeno. Con base en su tipo de crecimiento, su robustez fue correcta y el ICD se consideró óptimo en consecuencia, si aumenta la disponibilidad de nitrógeno y mejora la relación biomasa seca aérea / biomasa seca radicular (BSA/BSR), la planta podría ser apta para utilizarse en plantaciones forestales (Rueda *et al.*, 2012).

También hay otro estudio similar en el poblado “La Dieta”, del municipio Zitácuaro, Michoacán el objetivo principal fue evaluar la calidad de planta, mediante índices morfológicos y fisiológicos. Para ello se obtuvo por muestreo al azar una muestra de 410 plantas. Se evaluó la altura, diámetro del cuello, biomasa seca total y se determinó el Índice de Calidad de Dickson (ICD). Los resultados mostraron que la planta superó los valores para calificarla como calidad alta; con 6.0 cm en altura y 5.0 mm de diámetro para especies de crecimiento de hábito cespitoso, y de 15.0 cm en altura y 4.0 mm de diámetro para las de crecimiento normal. Los valores promedio de ICD fueron 2.16 en *Pinus michoacana*, 1.54 en *Pinus ayacahuite* y 1.77 para *Cupressus lindleyi*, que corresponden a una calidad alta (Muñoz *et al.*, 2014) lo anterior nos indica que los valores de ICD pueden variar dependiendo del tipo de envase en donde se propague la planta por lo tanto los valores encontrados en este estudio esta acondicionado al tipo de envase utilizado.

6 CONCLUSIONES

Las conclusiones que aquí se presentan, son válidas para las dos especies estudiadas de *Yucca treculeana* y *Yucca filifera* para las localidades colectadas y el lugar donde se desarrollaron las plantas en vivero.

Se acepta la hipótesis nula ya que existen diferencias entre familias y en al menos una variable morfológica evaluada.

Las familias en las dos especies de *Yucca* que presentaron mayores tamaños expresados en diámetro basal y altura, fueron seleccionadas como las más representativas para la especie y la localidad, resultado de la comparación de medias.

Yucca treculeana es la especie donde se seleccionaron mayor número de familias para las variables altura, diámetro de rosetas e índice de calidad de Dickson.

7 RECOMENDACIONES

En cuanto al crecimiento, es necesario determinar para *Yucca* periodos de evaluación que correspondan con el tiempo que necesitan las plántulas para su mejor desarrollo. Se recomienda una evaluación por año y en diferentes estaciones del año y a un tamaño donde el tipo de envase no tenga efecto en su desarrollo.

El efecto de procedencias será importante evaluar para las diferentes adaptaciones en condiciones áridas de estas especies de *Yucca*.

8 LITERATURA CITADA

- Abraham-Juárez, M.J., R. Ramírez-Malagón, K.C. Gil-Vega y J. Simpson 2009. AFLP Analysis of genetic variability in three reproductive forms of *Agave tequilana*. Revista Fitotecnia Mexicana 32: 171-175.
- Alfaro, R.G., S.J.P. Legaría y P.J.E. Rodríguez. 2007. Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave spp.*) del nororiente del estado de México. Revista fitotecnia mexicana 30:1-12.
- Avendaño A. CH., L. Iracheta D., G. Aguilar JC., L. Gómez P., B. Ayala A. 2015. Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. Revista Internacional de Botánica Experimental. 84: 148-162.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2008. Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables (árido). (Citado el: 24 de octubre de 2019.) disponible en web >https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo_de_recursos_forestales_M_y_N.pdf.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) 2015. Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal. (Citado el: 27 de octubre de 2019) disponible en web >[http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1290 Manual para la identificación establecimiento de Unidades productoras de Germoplasma Forestal.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/1290%20Manual%20para%20la%20identificaci3n%20establecimiento%20de%20Unidades%20productoras%20de%20Germoplasma%20Forestal.pdf).
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales 31:70-85
- Flores J., E. Jurado 2011. Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. Revista Mexicana de ciencias forestales 2 (8):60-70.
- Flores H. A., J. Hernández H., H. Medinaveitia R., L. Valenzuela N., B. Murillo A., E. Rueda P., J. García H., G. Cano O. 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.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Segunda edición. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México 90 p.

- Granados S. D., G.F. López. 1998. *Yucca* "Izote" Del desierto. Ciencias forestales y del ambiente 4:192.
- Gil, V.K., Diaz C., A. Nava C., J. Simpson 2006. AFLP analysis of *Agave tequilana* varieties. Plant Science 170: 904-909.
- Gutiérrez-Pulido, H. y R. De la Vara-Salazar. 2008. Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición. McGraw-Hill/Interamericana editores. 545 p.
- Jiménez P., C. Collada 2000. Técnicas para la evaluación de la diversidad genética y su uso en los programas de conservación pp: 238-247.
- López F. V. 1988. Investigación y aprovechamiento en el Altiplano Potosino de la *Yucca filefera*, *Yucca decipiens* y *Yucca carnerosana*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 119 p.
- Matuda E. y I .Piña. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Libros de México. 145 p.
- Meyran G., J. 2015. Ensayo de densidades de plantación en procedencias de *Yucca filifera* Chabaud en jardín común. Cactáceas y suculentas mexicanas. 60:100-111.
- Mora-Lopez., J.L., J.A. Reyes A., J.A. Flores F. J.L. Valdivia P., C.B. Rivera A. Y Rogelio J. 2011. Variación morfológica y humanización de la sección *salmiana* del género *Agave*. Agrociencia 45: 465-477.
- Muñoz F., H.J. J.T. Sáenz R., V.M.Coria A., J.J. Garcia M., J. Hernández R., G.E. Manzanilla Q. 2014. Calidad de plantas en el vivero forestal "La Dieta", Municipio de Zitácuaro, Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 6:72-89.
- Nava, K. 1980. Estudio físico y químico comparativo de 28 tipos de *Byrsonima crassifolia* L. en el estado de Veracruz. Memoria del simposium: La investigación, el desarrollo experimental y la docencia. México, CONAFRUT. pp. 534-546.
- Ortiz G.D., P: Van der M. 2008. El género *Yucca* L. en España. Monografía de la revista *Boouteloua*, 2: 123.
- Piñero, D. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. In: capital natural de México. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Piñero, D. (Ed.). CONABIO. México. 437-494 pp.

- Portela J. 2007. Manual de programación en SAS. Primera edición. Escuela Universitaria de estadística. Universidad complutense de Madrid. 161p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México .1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 504 p.
- Rentería A., L.I. 2000. Dinámica del crecimiento de hojas, flores y frutos de *Yucca filifera* chabaud y el efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley sobre la producción de semillas en Linares N.L., México. Tesis para M.CF. Universidad Autónoma de Nuevo León. 54 p.
- Ridaura S. V. 1980. *Yucca*. 2da Parte. Desierto y Ciencia 2: 4-9.
- Rodríguez G., B., J.A. Lomelí S., E. Tapia C, A. Gutiérrez M., J. García G, J.M. Rodríguez D, D. López-U. y I. Vicente R. 2009. Morphological and molecular diversity of *Agave tequilana* Weber var. Azul and *Agave angustifolia* Haw. var. Lineño. Cultivos y Productos industriales 29: 220-228.
- Rueda S., A. J.D. Benavides S., J.A. Prieto R., J.T. Sáenz R., G. Orozco G., A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de México. Revista mexicana de Ciencias Forestales 14:70-82.
- SINEC (Sistema integral de normas y evaluación de la conformidad) 2016. Establecimiento de unidades productoras y manejo de germoplasma forestal especificaciones técnicas (citado el: 11 de noviembre de 2019) disponible en web ><http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-aa-169-scfi-2016.pdf>.
- Sit V. 1995. Analyzing ANOVA Designs. Biom. Info. Hand. 5. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 07/1995. 61 p.
- Sospedra S. R., M. Cobas L., G. Geada L. 2009. Mejoramiento genético forestal. Texto para la carrera de ingeniería forestal. 216 pp.
- Treviño R. A.S. 2016. Indicadores reproductivos y producción de semilla de *Yucca filifera* chabaud y *Yucca treculeana* Carr. de dos localidades al noreste de México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 58 p.
- Valiente, A. 1996. "La conservación de los desiertos: un desafío", Ocelot. Revista Mexicana de la Conservación PRONATURA. pp. 34–37.
- Zobel, B, talbert J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa S.A. de C.V. México. D.F. 545 pp.

Zar J., H. 2010. Biostatistical analysis. Quinta edición. Statistics Mathematics. Pearson Prentice Hall. New Jersey 943 p.

9 ANEXOS

Anexo 1. Comparación de medias entre familias para variables morfológicas de *Yucca filifera* Chabaud.

1a. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable diámetro de roseta (cm) de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento		Media	Número de plantas	Familia
	A	33.980	51	25
B	A	33.032	85	13
B	A C	32.337	72	2
B D	A C	31.605	59	5
B D	A C	31.287	72	30
B D	A C	30.872	78	21
B D	A C	30.813	8	29
B D	A C	30.579	65	3
B D	A C	30.496	71	4
B D	A C	30.460	43	23
E B D	A C	29.697	80	19
E B D	A C	29.690	39	7
E B D	C	29.094	71	27
E B D	F C	28.675	83	28
E G D	F C	28.218	68	11
E G D	F H	27.030	86	15
E G I	F H	25.538	76	17
E G I	F H J	25.209	86	9
E G I	F H J	25.180	32	20
K G I	F H J	24.196	73	26
K G I	H J	24.047	74	6
K G I	H J	24.020	85	8
K G I L	H J	23.682	102	12
K M I L	H J	23.074	83	22
K M I L	H J	22.946	97	1
K M I L	J	21.673	31	18
K M L	J	20.792	80	10
K M L		19.815	65	14
M L		19.128	83	24
M		18.675	67	16

1b. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable altura (cm) de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento						Media	Número de plantas	Familia
			A			22.2433	97	1
	B		A			22.0400	80	10
	B		A		C	21.3000	80	19
	B		A		C	20.9154	39	7
	B	D	A		C	20.3605	86	9
	B	D	A		C	20.3183	71	4
E	B	D	A		C	20.1397	68	11
E	B	D	A		C F	19.6612	85	13
E	B	D	A	G	C F	19.3096	73	26
E	B	D		G	C F	18.8017	59	5
E		D	H	G	C F	18.4792	72	2
E		D	H	G	C F	18.3434	83	28
E		D	H	G	C F	18.2732	71	27
E		D	H	G	C F	18.2360	86	15
E		D	H	G	C F	18.1569	51	25
E		D	H	G	C F	18.0167	102	12
E		D	H	G	C F	17.9541	85	8
E		D	H	G	F	17.5523	65	3
E		D	H	G	F	17.4531	32	20
E		D	H	G	F	17.3181	83	22
E		D	H	G	F	17.2628	43	23
E		D	H	G	F	17.0716	74	6
E		D	H	G	F	17.0000	78	21
E			H	G	F	16.8618	76	17
			H	G	F	16.4323	31	18
			H	G		16.2778	72	30
			H	G		16.0880	83	24
			H	G		16.0738	65	14
			H	G		16.0493	67	16
			H			15.2500	8	29

1c. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable longitud de la hoja más larga (cm) de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento				Media	Número de plantas	Familia			
		A		27.2845	97	1			
B		A		26.4784	51	25			
B		A	C	25.9435	85	13			
B		A	C	25.9231	39	7			
B		A	C	25.7025	80	19			
B		A	C	25.7000	71	4			
B		A	C	25.6250	8	29			
B		A	C	25.3653	72	2			
B	D	A	C	25.1588	68	11			
E B	D	A	C	24.7153	59	5			
E B	D	A	C	24.6217	83	28			
E B	D	A	C	F	24.4845	71	27		
E B	D	A	G	C	F	24.4744	43	23	
E B	D	A	G	C	F	24.4403	72	30	
E B	D	A	G	C	F	24.3569	102	12	
E B	D	A	G	C	F	24.1575	80	10	
E B	D	A	G	C	F	24.1128	86	9	
E B	D	H	G	C	F	23.4094	85	8	
E B	D	H	G	C	F	23.3781	32	20	
E B	D	I	H	G	C	F	22.9179	78	21
E J	D	I	H	G	C	F	22.7262	65	3
E J	D	I	H	G	C	F	22.5570	86	15
E J	D	I	H	G	C	F	22.4466	73	26
E J	D	I	H	G	F	21.4795	83	22	
E J		I	H	G	F	21.0985	65	14	
J		I	H	G	F	20.8432	74	6	
J		I	H	G		20.7553	76	17	
J		I	H			19.7145	83	24	
J		I				19.3871	31	18	
J						19.0567	67	16	

1d. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable diámetro basal de rosetas (mm) de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento						Media	Número de plantas	Familia	
			A			2.83012	83	28	
			B			2.32353	51	25	
	C		B			2.29375	80	10	
	C		B			2.29314	102	12	
	C		B	D		2.28837	43	23	
	C	E	B	D		2.21711	76	17	
	C	E	B	D		2.20928	97	1	
	C	E	B	D		2.20548	73	26	
	C	E	B	D		2.20233	86	9	
F	C	E	B	D		2.18649	74	6	
F	C	E	B	D	G	2.17288	59	5	
F	C	E	B	D	G	2.16875	32	20	
F	C	E	B	D	G	2.15833	72	2	
F	C	E	B	H	D	G	2.14872	39	7
F	C	E	B	H	D	G	2.14462	65	14
F	C	E	B	H	D	G	2.13837	86	15
F	C	E	B	H	D	G	2.13750	80	19
F	C	E	B	H	D	G	2.12647	68	11
F	C	E	B	H	D	G	2.11549	71	4
F	C	E	B	H	D	G	2.11084	83	22
F	C	E	B	H	D	G	2.10278	72	30
F	C	E	B	H	D	G	2.08387	31	18
F	C	E	B	H	D	G	2.01176	85	8
F	C	E		H	D	G	1.95897	78	21
F		E		H	D	G	1.93803	71	27
F		E		H		G	1.90462	65	3
F		E		H		G	1.87176	85	13
F				H		G	1.84328	67	16
				H		G	1.82892	83	24
				H			1.80000	8	29

1e. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable combinada BIO1 de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento					Media	Número de plantas	Familia	
			A		54.565	85	13	
	B		A	C	53.134	80	19	
	B		A	C	52.974	72	2	
	B		A	C	52.930	71	4	
	B		A	C	52.754	39	7	
	B		A	C	52.580	59	5	
	B	D	A	C	50.484	68	11	
E	B	D	A	C	50.036	65	3	
E	B	D	A	C	50.012	43	23	
E	B	D	A	C	49.848	83	28	
E	B	D	A	C	49.831	78	21	
E	B	D	A	C	49.667	72	30	
E	B	D	A	C	49.306	71	27	
E	B	D	A	C	F	47.863	8	29
E	B	D		C	F	47.772	86	9
E		D		C	F	47.404	86	15
E		D		C	F	47.399	97	1
E		D	G		F	45.711	73	26
E		D	G		F	45.126	80	10
E	H	D	G		F	44.802	32	20
E	H	D	G		F	44.616	76	17
E	H	D	G		F	43.992	102	12
E	H	D	G		F	43.986	85	8
E	H		G	I	F	43.305	74	6
	H		G	I	F	42.503	83	22
	H		G	I		40.189	31	18
	H			I		38.034	65	14
				I		37.045	83	24
				I		36.568	67	16

1f. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable combinada BIO2 de familias de *Yucca filifera* Chabaud. Las Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento				Media	Número de plantas	Familia
			A	80.939	51	25
			A	80.508	85	13
	B		A	78.837	80	19
	B		A	78.677	39	7
	B		A	78.630	71	4
	B		A	78.340	72	2
	B		A C	77.295	59	5
	B	D	A C	75.643	68	11
E	B	D	A C	74.684	97	1
E	B	D	A C	74.486	43	23
E	B	D	A C	74.470	83	28
E	B	D	A C	74.108	72	30
E	B	D	A C F	73.790	71	27
E	B	D	A C F	73.488	8	29
E	B	D	A C F	72.762	65	3
E	B	D	A C F	72.749	78	21
E	B	D	A C F	71.884	86	9
E	B	D	C F	69.961	86	15
E	B	D	G C F	69.283	80	10
E	H	D	G C F	68.349	102	12
E	H	D	G C F	68.180	32	20
E	H	D	G C F	68.158	73	26
E	H	D	G F	67.395	85	8
E	H		G I F	65.372	76	17
	H		G I F	64.149	74	6
	H		G I F	63.983	83	22
	H		G I	59.576	31	18
	H		I	59.132	65	14
			I	56.759	83	24
			I	55.625	67	16

Anexo 2 Comparación de medias entre familias para variables morfológicas de *Yucca treculeana* Carr.

2a. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable diámetro de roseta (cm) de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento		Media	Número de plantas	Familia
	A	38.559	54	10
B	A	37.709	23	7
B	A	37.562	51	20
B	A C	36.324	41	22
B	D A C	35.889	73	11
E B	D A C	34.948	23	2
E B	D A C	34.900	40	23
E B	D A C	33.436	42	14
E B	D A C	33.326	84	21
E B	D A C	33.315	81	12
E B	D A C	33.223	26	9
E B	D A C	33.136	44	30
E B	D A C	33.125	36	15
E B	D A C F	32.235	10	16
E B	D A C F	32.047	78	13
E B	D A C F	31.856	24	18
E B	D A C F	31.818	56	17
E B	D C F	30.807	48	4
E B	D C F	30.775	34	6
E B	D C F	30.565	42	1
E	D G C F	28.813	24	19
E	D G F	28.325	18	8
E	G F	27.848	53	27
E	G F	27.739	40	26
	G F	25.171	89	29
	G F	24.726	27	25
	G	21.894	24	24

2b. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable altura (cm) de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento		Media	Número de plantas	Familia
	A	26.049	51	20
B	A	24.903	73	11
B	A C	24.218	40	26
B	D A C	23.703	78	13
B	D A C	23.350	10	16
E B	D A C	23.008	24	24
E B	D A C	22.950	24	18
E B	D A C F	22.817	23	7
E B	D A C F	22.713	24	19
E B	D A C F	22.318	44	30
E B	D A C F	21.814	36	15
E B	D G C F	20.893	56	17
E B	D G C F	20.800	27	25
E B	D G C F	20.765	23	2
E B	D G C F	20.741	54	10
E B	D G C F	20.655	40	23
E B	D G C F	20.426	84	21
E B	D G C F	19.829	41	22
E	D G C F	19.733	81	12
E	D G C F	19.660	53	27
E	D G C F	19.183	42	1
E	D G F	19.098	42	14
E	D G F	18.903	34	6
E	G F	18.061	18	8
	G F	17.838	48	4
	G	16.650	26	9
	G	16.496	89	29

2c. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable longitud de la hoja más larga (cm) de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento				Media	Número de plantas	Familia	
		A		36.570	23	7	
B		A		36.541	51	20	
B		A	C	33.172	54	10	
B	D	A	C	32.000	41	22	
B	D	A	C	31.960	73	11	
E	B	D	A	C	31.493	40	23
E	B	D	F	C	31.296	23	2
E		D	F	C	30.908	36	15
E		D	F	C	30.525	24	18
E		D	F	C	30.363	81	12
E		D	F	C	30.331	26	9
E		D	F	C	30.088	42	14
E		D	F	C	30.010	78	13
E		D	F	C	29.083	53	27
E		D	F	C	28.977	44	30
E		D	F	C	28.900	10	16
E		D	F	C	28.883	42	1
E		D	F	C	28.882	34	6
E		D	F	C	28.640	40	26
E		D	F	C	28.118	56	17
E		D	F	C	28.061	84	21
E		D	F	C	27.917	48	4
E		D	F		27.913	24	19
E		D	F		26.794	18	8
E			F		26.382	89	29

2d. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable diámetro basal de roseta (cm) de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento				Media	Número de plantas	Familia
			A	2.0024	42	1
	B		A	1.9667	27	25
	B		A C	1.9219	73	11
	B	D	A C	1.9025	40	26
	B	D	A C	1.9000	24	24
E	B	D	A C	1.8682	44	30
E	B	D	A C	1.8222	54	10
E	B	D	A C	1.7652	23	2
E	B	D	A C	1.7415	53	27
E	B	D	A C	1.7286	84	21
E	B	D	A C	1.6585	41	22
E	B	D	A C	1.6563	48	4
E	B	D	A C	1.6385	26	9
E	B	D	A C	1.6357	56	17
E	B	D	A C	1.6286	42	14
E	B	D	A C	1.6174	23	7
E	B	D	C	1.6000	81	12
E	B	D	C	1.5978	89	29
E	B	D	C	1.5910	78	13
E	B	D	C	1.5750	36	15
E		D	C	1.5575	40	23
E		D	C	1.5549	51	20
E		D	C	1.5375	24	19
E		D	C	1.5292	24	18
E		D		1.5167	18	8
E				1.4941	34	6
E				1.4800	10	16

2e. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable transformada BIO 1 de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento						Media	Número de plantas	Familia
			A			65.166	51	20
	B		A			62.714	73	11
	B		A			62.143	23	7
	B		A	C		61.122	54	10
	B	D	A	C		57.812	41	22
E	B	D	A	C		57.478	23	2
E	B	D	A	C		57.340	78	13
E	B	D	A	C		57.323	44	30
E	B	D	A	C		57.112	40	23
E	B	D	A	C		57.065	10	16
E	B	D	A	C	F	56.514	36	15
E	B	D	A	C	F	56.335	24	18
E	B	D	A	C	F	55.481	84	21
E	B	D		C	F	54.649	81	12
E	B	D		C	F	54.346	56	17
E	B	D		C	F	54.162	42	14
E	B	D		C	F	53.859	40	26
E	B	D	G	C	F	53.063	24	19
E		D	G	C	F	51.751	42	1
E		D	G	C	F	51.512	26	9
E		D	G	C	F	51.172	34	6
E		D	G		F	50.301	48	4
E		D	G		F	49.250	53	27
E		D	G		F	47.903	18	8
E			G		F	47.493	27	25
			G		F	46.802	24	24
			G			43.264	89	29

2f. Comparación de medias por la prueba Bonferroni para la variable transformada BIO 2 de familias de *Yucca treculeana* Carr. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Agrupamiento						Media	Número de plantas	Familias	
			A			101.707	51	20	
	B		A			98.713	23	7	
	B		A	C		94.674	73	11	
	B	D	A	C		94.294	54	10	
E	B	D	A	C		89.812	41	22	
E	B	D	A	C	F	88.774	23	2	
E	B	D	A	C	F	88.605	40	23	
E	B	D	G	C	F	87.422	36	15	
E	B	D	G	C	F	87.351	78	13	
E	B	D	G	H	C	F	86.860	24	18
E	B	D	G	H	C	F	86.300	44	30
E	B	D	G	H	C	F	85.012	81	12
E		D	G	H	C	F	84.250	42	14
E	I	D	G	H	C	F	83.542	84	21
E	I	D	G	H	C	F	82.499	40	26
E	I	D	G	H	C	F	82.464	56	17
E	I	D	G	H	C	F	81.842	26	9
E	I	D	G	H	C	F	80.975	24	19
E	I	D	G	H	C	F	80.635	42	1
E	I	D	G	H	F	80.054	34	6	
E	I		G	H	F	78.333	53	27	
E	I		G	H	F	78.218	48	4	
	I		G	H	F	74.697	18	8	
	I		G	H		73.681	27	25	
	I		H			72.910	24	24	
	I					69.646	89	29	