

2006A-2011A

206197752

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



Variación morfológica de *Hylocereus* (Cactaceae) en Jalisco

TRABAJO DE TITULACION EN LA MODALIDAD DE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

CARLOS ALBERTO CORONA OCEGUERA

Las Agujas, Zapopan, Jal., Julio de 2012



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología
COORD-BIO-155/2011

C. CARLOS ALBERTO CORONA OCEGUERA
PRESENTE

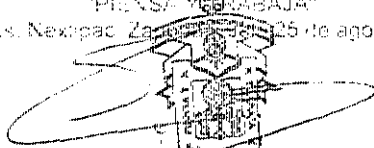
Manifiestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción Tesis con el título **"VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Hylocereus (Cactaceae)* EN JALISCO"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

A mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo a la **Dra. Ofelia Vargas Ponce**.


Si en mas por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Aguilas, Nexipac, Zapopan, Jalisco, el 25 de agosto de 2011



DRA. TERESA DE JESUS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN


M.C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARÍA DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

FORMA F

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **TESIS E INFORMES**, opción **TESIS** con el título: "**VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE HYLOCEREUS (Cactaceae) EN JALISCO**" que realizó el pasante Carlos Alberto Corona Ocegüera con número de código 206197752 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
Zapopan Jalisco, 5 junio de 2012

Dra. O'elia Vargas Ponce
Directora

| Nombre completo de los Síndicos asignados por el Comité de Titulación | Firma de aprobado | Fecha de aprobación |
|---|-------------------|---------------------|
| Dr. Aarón Rodríguez Contreras | | Jun 5, 2012 |
| M. C. Martha Cedano Maldonado | | Jun 5, 2012 |
| Dra. Hilda J. Arreola Nava | | Jun 06 2012 |
| Supl. Dr. Jorge A. Pérez de la Rosa | | 5/10/2012 |

Esta tesis fue realizada en el Instituto de Botánica del
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Universidad de Guadalajara

Zapopan, Jalisco, México.

Bajo la dirección de la Dra. Ofelia Vargas Ponce

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento en ocasiones sobra, pero nunca la gratitud.

A la Dra. Ofelia Vargas Ponce...

...por su tiempo, paciencia, entusiasmo, dedicación y enseñanzas.

A los integrantes del sínodo, Dr. Aarón Rodríguez Contreras, M. en C. Martha Cedano Maldonado, Dra. Hilda Julieta Arreola Nava y Dr. Jorge Alberto Pérez de la Rosa.

...por sus correcciones y acertados comentarios.

A la Biól. Luz Adriana García Rubio...

... por su ayuda para la realización de este trabajo.

A la Biól. Esmeralda Citlali Ibarra García

... por el apoyo en campo y su motivación.

| | |
|---|------|
| CONTENIDO | |
| ÍNDICE DE CUADROS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| RESUMEN | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ANTECEDENTES | 5 |
| JUSTIFICACIÓN | 9 |
| HIPÓTESIS | 10 |
| OBJETIVO GENERAL | 11 |
| Objetivos particulares | 11 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 12 |
| Área de estudio | 12 |
| Material estudiado | 12 |
| Descripción de los sitios de estudio | 13 |
| Análisis de datos | 17 |
| Análisis de funciones discriminantes | 19 |
| Patrones de variación morfológica | 19 |
| RESULTADOS | 22 |
| Análisis de discriminación | 22 |
| Variación morfológica de <i>Hylocereus ocamponis</i> | 24 |
| Variación morfológica de <i>Hylocereus purpusii</i> | 24 |
| Variación morfológica de <i>Hylocereus undatus</i> | 26 |
| Patrones de variación morfológica | 28 |
| Variación entre individuos por especie | 28 |

| | |
|--|-----------|
| Variación entre poblaciones por especie | 34 |
| Variación entre especies | 35 |
| Clave de identificación de las especies de <i>Hylocereus</i> en Jalisco | 37 |
| Descripción de las especies | 39 |
| <i>Hylocereus ocamponis</i> | 39 |
| <i>Hylocereus purpusii</i> | 39 |
| <i>Hylocereus undatus</i> | 40 |
| Clave de identificación de las especies de <i>Hylocereus</i> en Jalisco | 41 |
| DISCUSIÓN | 42 |
| Variación del género <i>Hylocereus</i> en Jalisco | 43 |
| CONCLUSIONES | 49 |
| PERSPECTIVAS | 51 |
| LITERATURA CITADA | 52 |
| Anexo 1. Lista taxonómica de especies de <i>Hylocereus</i> . | 57 |
| Anexo 2. Lista taxonómica de especies de <i>Hylocereus</i> y referencia de su distribución. | 60 |
| Anexo 3. A) Descripción de las características de la flor utilizadas para evaluar la variación morfológica del género <i>Hylocereus</i> . B) Descripción de las características de la flor utilizadas para evaluar la variación morfológica del género <i>Hylocereus</i> . C) Descripción de las características del fruto utilizadas para evaluar la variación morfológica del género <i>Hylocereus</i> . | 64 |
| Anexo 4. Listado de exsiccatae de <i>Hylocereus</i> de Jalisco examinados. | 68 |
| Anexo 5. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para | |

| | |
|--|----|
| evaluar la variación morfológica entre los individuos de las poblaciones de <i>Hylocereus ocamponis</i> . | 70 |
| Anexo 6. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica entre los individuos de las poblaciones de <i>Hylocereus purpusii</i> . | 71 |
| Anexo7. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica entre los individuos de <i>Hylocereus undatus</i> de Jalisco | 72 |
| Anexo 8. Fotografías de <i>Hylocereus</i> de Jalisco | 73 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Título | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Especies del género <i>Hylocereus</i> citadas para México. | 4 |
| 2 | Especies del género <i>Hylocereus</i> , sitios de estudio y número de muestras incluidas en el análisis morfométrico. | 16 |
| 3 | Características utilizadas para evaluar la variación morfológica del género <i>Hylocereus</i> en Jalisco. | 27 |
| 4 | Clasificación de cada individuo a nivel especie obtenida con el Análisis de Funciones Discriminantes (AFD). | 23 |
| 5 | Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en <i>Hylocereus ocamponis</i> . | 25 |
| 6 | Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en <i>Hylocereus purpusii</i> . | 26 |
| 7 | Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en <i>Hylocereus undatus</i> . | 27 |
| 8 | Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres vegetativos a nivel de individuos por especie, poblaciones por especie y entre especies del género <i>Hylocereus</i> . | 31 |
| 9 | Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres del fruto entre individuos de una población de <i>Hylocereus ocamponis</i> (HOS) y tres poblaciones de <i>H.</i> | |

purpusii (HPS, HPA, HPJ) y entre las cuatro poblaciones. 32

- 10 Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres vegetativos, caracteres de la flor y conjuntos a nivel de especies de *Hylocereus*. 38

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Título | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Sitios de estudio de <i>Hylocereus ocamponis</i> , <i>H. purpusii</i> e <i>H. undatus</i> en Jalisco. | 15 |
| 2 | Funciones discriminantes que muestra el agrupamiento y clasificación de los 102 individuos estudiados. | 23 |
| 3 | Análisis de Componentes Principales que muestra los patrones de agrupamiento de los 102 individuos estudiados en Jalisco. | 29 |
| 4 | Agrupación de los 102 individuos estudiados. | 30 |
| 5 | Componentes Principales que muestra los patrones de variación de los individuos de una población de <i>Hylocereus ocamponis</i> (HOS) y tres poblaciones de <i>H. purpusii</i> (HPS, HPA, HPJ) con base en el análisis de caracteres del fruto. | 32 |
| 6 | Agrupación de los individuos de una población de <i>Hylocereus ocamponis</i> (HOS) y tres poblaciones de <i>H. purpusii</i> (HPS, HPA, HPJ) con base en el análisis de caracteres del fruto. | 33 |
| 7 | Patrones de variación (a) y clasificación (b) de siete poblaciones de <i>Hylocereus</i> en Jalisco. | 34 |
| 8 | Patrones de variación (a) y clasificación (b) de una población de <i>Hylocereus ocamponis</i> (HOS) y tres poblaciones de <i>H. purpusii</i> (HPS, HPA, HPJ) con base en caracteres del fruto. | 35 |
| 9 | Patrones de variación (a) y clasificación (b) de <i>Hylocereus ocamponis</i> , <i>H. purpusii</i> e <i>H. undatus</i> en Jalisco con base en | |

caracteres vegetativos I, en caracteres de la flor II, conjuntos III. 37

- 10 Gráficos que muestran la dispersión de las variables discriminantes entre las especies de *Hylocereus*. 1 = *H. ocamponis*, 2 = *H. purpusii* y 3 = *H. undatus*. La línea punteada representa la media y la línea continúa a la mediana 44

RESUMEN

La pitahaya (*Hylocereus* spp., Cactaceae) es una cactácea de importancia hortícola por poseer flores vistosas y frutos comestibles. El consumo de sus frutos se ha registrado en 12 países y en cinco de ellos se cultiva comercialmente. En México, los estados con mayor diversidad de especies de *Hylocereus* son: Chiapas, Jalisco y Oaxaca. En Jalisco ocurren *H. undatus*, *H. ocamponis* e *H. purpusii*. *Hylocereus undatus* es introducida y se encuentra cultivada mientras que *H. ocamponis* e *H. purpusii* se encuentran en estado silvestre y bajo cultivo. La diferenciación y reconocimiento de *H. ocamponis* e *H. purpusii* son motivo de discusión debido al gran parecido de sus estructuras vegetativas y reproductivas. En consecuencia algunas personas consideran a *H. purpusii* como un sinónimo de *H. ocamponis* y otras las consideran diferentes. El objetivo de éste trabajo fue analizar los patrones de variación morfológica de *H. ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* e identificar los rasgos discriminantes entre éstas especies. Con base en la revisión de literatura y ejemplares de ocho herbarios nacionales se planificó y condujo exploraciones de campo. Se seleccionaron tres poblaciones de *H. ocamponis*, tres de *H. purpusii* y una de *H. undatus*. Se tomaron datos de 46 variables en las siete poblaciones. Se realizó un Análisis de Funciones Discriminantes (AFD), ocho Análisis de Componentes Principales (ACP) y ocho de Clasificación (UPGMA), con caracteres vegetativos y cuando fue posible con caracteres reproductivos (flores y frutos). Los análisis se hicieron clasificando los datos a tres niveles: comparando entre los 102 individuos, entre las siete poblaciones y entre las tres especies. Las especies de *Hylocereus* presentaron variabilidad morfológica alta, en respuesta a condiciones ambientales

naturales y al manejo agrícola. No obstante con el AFD, los ACP y los AC se encontraron discontinuidades en la variación y la formación de grupos, claramente relacionados a cada una de las especies. La variación explicada por los dos primeros componentes principales en los análisis de los rasgos vegetativos, de flor y el conjunto de ambos, es alta alcanza el 100%. Los resultados muestran que las aréolas, las espinas y los segmentos del perianto permiten discriminar a *H. ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* como entidades taxonómicas distintas.

INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae se encuentra entre las más grandes de las angiospermas (Anderson 2001). Agrupa 126 géneros (Anderson 2001), de los cuales 66 se localizan en México (Bravo 1978). Entre ellos se encuentra a *Hylocereus* (Berger) Britton y Rose ubicado dentro de la Tribu Hylocereeae (Bravo 1978, Bauer 2003). Veintinueve especies han sido reconocidas comúnmente para *Hylocereus* (Anexo 1). Propuestas recientes incluyen sólo 18 (Britton y Rose 1963; Anderson 2001) o 16 taxa (Hunt 2006). Éste último autor reconoce dos secciones para *Hylocereus*, *Salmdyckia* e *Hylocereus*. La sección *Salmdyckia* presenta en el fruto y pericarpelo escamas pequeñas o inconspicuas y aréolas con espinas. Incluye taxones referidos anteriormente como *Mediocactus* y *Selenicereus*. La sección *Hylocereus* exhibe, en el fruto y pericarpelo, escamas grandes más o menos deltoideas que ocultan las aréolas sin espinas.

El número de especies de *Hylocereus* reconocidas en México varía de tres a nueve según el autor. Bravo (1978), Anderson (2001) y García (2007) mencionan a *H. ocamponis* (Slam-Dick) Britton y Rose, *H. purpusii* (Weing.) Britton y Rose e *H. undatus* (Haw.) Britton y Rose. Guzmán *et al.* (2003) además de estas tres, incluyen a *H. minutiflorus* Britton y Rose. Bauer (2003) sólo reconoce a *H. ocamponis*, *H. undatus* e *H. tricae* (D. Hunt) Ralf Bauer mientras Cáliz (2004) acepta nueve especies. Recientemente, Hunt (2006) señala la presencia de *H. escuintlensis* Kimnach, *H. ocamponis* e *H. undatus* (**cuadro 1, Anexo 2**).

Las plantas de *Hylocereus* son trepadoras, hemiepífitas y rupestres, con tallos triangulares, costillas onduladas y margen a menudo cornificado. El color de los tallos varía de verde amarillento a verde azulado o glauco. Las ramas emiten raíces aéreas; tienen aréolas provistas de espinas cortas rara vez ausentes, cuando jóvenes, poseen pelos setosos. Flores infundibuliformes, superan los 25 cm de longitud y diámetro, nocturnas. Éstas son de color blanco, rara vez rojas. Pericarpelo y tubo receptacular firme, presenta escamas anchas, triangulares algunas veces pequeñas o rudimentarias. Estambres numerosos en una serie continua; estilo grueso con lóbulos bífidos. Los frutos son globosos u oblongos, con un peso de 300 gramos o más, con escamas foliáceas persistentes rara vez con espinas. Las semillas son ovadas, de 2.35 x 1.8 mm, con testa negra y brillante, ornamentadas. Presentan células uniformes y cotiledones grandes (Britton y Rose 1920, Bravo 1978, Anderson 2001, Bauer 2003, Hunt 2006).

Hylocereus es originario de regiones tropicales y subtropicales de México, Centro América y del norte de Sudamérica, se distribuye de manera natural en América intertropical, desde los 25° latitud N en la parte norte de Sinaloa, Durango, Nuevo León y Tamaulipas en México, hasta los 10° latitud S en la frontera con Bolivia, Perú y Brasil (Bravo 1957, Anderson 2001, Bahuer 2003, Hunt 2006).

Hylocereus es un recurso genético con importancia alimenticia, ornamental y hortícola. Las plantas son apreciadas como plantas de ornato por la belleza y tamaño de sus flores (Le Bellec *et al.* 2006). Los frutos son atractivos y comestibles, con exocarpo de color rosa, amarillo o del color del vino tinto. La pulpa es blanca, fucsia (solferino) o guinda (Le Bellec *et al.* 2006). Tienen buena aceptación por los

campesinos como alimento de oportunidad, en el mercado nacional y como fruta de exportación (Castillo 2006). *Hylocereus* se produce o consume en Colombia, Costa Rica, Nicaragua, Vietnam, Israel, Malasia, Tailandia, Italia, China, Japón, Australia, Singapur y Estados Unidos de América (Cáliz de Dios 2004, Castillo 2006, Le Bellec *et al.* 2006, Cohen y Tel-Zur 2011). El nombre común en México y países de habla hispana es Pitahaya que significa "fruta escamosa" (Maldonado 2000, Legaria *et al.* 2005). También se conoce en otros países como "*White Eden Fruit*" (Fruta blanca del Edén), "*Red Eden Fruit*" (Fruta roja del Edén) y "*Thang Loy*" (Fruta dragón) (Castillo y Cáliz 1997, Castillo 2006). *Hylocereus purpusii*, *H. polyrhizus*, *H. costaricensis*, *H. undatus* e *H. trigonus* son las especies cultivadas (Le Bellec *et al.* 2006).

Cuadro 1. Especies del género *Hylocereus* citadas para México. * No existen ejemplares de respaldo.

| Bravo (1978) | Anderson (2001) | Bauer (2003) | Guzmán (2003) | Cálix (2004) | Hunt (2006) | García (2007) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> | <i>H. ocampoensis</i> |
| <i>H. purpusii</i> | <i>H. purpusii</i> | | <i>H. purpusii</i> | <i>H. purpusii</i> | | <i>H. purpusii</i> |
| <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> | <i>H. undatus</i> |
| | | <i>H. tricae</i> | | | | |
| | | | | <i>*H. calcaratus</i> | | |
| | | | | <i>*H. escuintlensis</i> | <i>*H. escuintlensis</i> | |
| | | | | <i>*H. guatemalensis</i> | | |
| | | | | <i>*H. triangularis</i> | | |
| | | | | <i>*H. trigonus</i> | | |
| | | | | <i>*H. stenopterus</i> | | |
| | | | <i>H. minutiflorus</i> | | | |

ANTECEDENTES

Hylocereus ocurre en diversas regiones y condiciones ecológicas variadas. En México se le encuentra en Campeche, Colima, Chiapas, Durango, Edo. México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Edo. México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Bravo 1978, Grimaldo 2001, Guzmán *et al.* 2003, Cáliz 2004, García 2007, Cruz 2008) (**Anexo 2**). Habita en selvas tropicales subperennifolias y perennifolias con temperaturas entre los 18°C y 28.4°C y desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm (Bravo 1978, Cáliz 2004). Los estados con mayor diversidad de especies son Chiapas, Jalisco y Oaxaca. Para Jalisco se ha señalado la presencia de *H. ocamponis* (Cáliz 2004, Bravo 1978), *H. purpusii* (Cáliz 2004, Bravo 1978), *H. triangularis* (L.) Britton y Rose (Cáliz 2004) e *H. undatus* (Cáliz 2004, Bravo 1978). *Hylocereus ocamponis* e *H. purpusii* ocurren en los estados de la vertiente pacífica, en el occidente de México. *Hylocereus triangularis* es mencionada para siete estados, incluyendo Jalisco, sin precisar los sitios donde se localiza (Cáliz 2004, Anexo 2). Por último, *H. undatus* en Jalisco es introducida.

Existe controversia con el universo de especies de *Hylocereus* que ocurren en México. Bravo (1978) reconoce a *H. undatus*, *H. ocamponis*, *H. purpusii*. Además hace referencia a algunos materiales que presentan similitudes morfológicas con especies de afinidad centroamericana tales como: *H. calcaratus* (F.A.C. Weber) Britton y Rose, *H. stenopterus* (F. A. C. Weber) Britton y Rose e *H. napoleonis* (Graham) Britton y Rose. Bravo (1978) señala la posibilidad de que *H. calcaratus*, que crece en Costa Rica, ocurra en áreas no exploradas de México. Se refiere a *H.*

stenopterus como cultivado en el Jardín Botánico de la UNAM y en Oaxaca y sobre *H. napoleonis*, especie antillana, menciona la colecta de un ejemplar en Veracruz similar a esta especie y posiblemente otro de Tampico. Sin embargo, las especulaciones de Bravo (1978) no han sido confirmadas. Por su parte, Bauer (2003) reconoce a *H. ocamponis*, *H. undatus* e *H. tricae*. Bauer considera a *H. purpusii* como sinónimo de *H. ocamponis* aludiendo a la gran similitud morfológica entre ambas y considerando que las espinas es el único rasgo que las distingue, el cual según su criterio no es constante. Guzmán *et al.* (2003) señala para México a *H. ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* y además a *H. minutiflorus*. Cáliz (2004) señaló a *H. escuintlensis*, *H. guatemalensis* (Eichlam) Britton y Rose, *H. triangularis* (L.) Britton y Rose, *H. trigonus* (Haw.) Britton y Rose y las especies mencionadas por Bravo (excluyendo a *H. napoleonis*). Éste autor integró la información de varios trabajos taxonómicos, observaciones en campo y revisión de ejemplares de herbario nacionales y extranjeros. No obstante, en su trabajo no presenta datos puntuales de los sitios de colecta de los materiales y no hay ejemplares de referencia de éstos en las colecciones nacionales, herbarios o jardines botánicos, lo que complica la validación de sus observaciones. Por último García (2007) concuerda con Bravo (1978) con base en datos de anatomía caulinar (**cuadro 1**).

La representatividad de las especies de *Hylocereus* de México en las colecciones nacionales, herbarios y jardines es escasa. Algunos de los ejemplares disponibles son incompletos. No muestran adecuadamente los rasgos del taxa, son tallos viejos que carecen de espinas y a veces de flores. Esto fomenta la controversia con la riqueza de especies y con la identificación taxonómica precisa. De algunas

especies se requirieren muestras en buen estado para comprobar su ocurrencia o ausencia. Es el caso de *H. calcaratus*, *H. trigonus*, *H. napoleonis* e *H. stenopterus*. Para otras se requiere hacer estudios comparativos, como es el caso de *H. ocamponis* e *H. purpusii* cuya similitud morfológica ha generado controversia. Éstas son consideradas como un solo taxa por algunos autores (Bauer 2003, Tel-Zur *et al.* 2004, Hunt 2006) y como entidades taxonómicas diferentes por otros (Britton y Rose 1920, Anderson 200, Grimaldo 2001, García 2007).

Los estudios morfológicos, a través del uso de técnicas de análisis univariado y multivariados, son exitosos para la discriminación morfológica de especies parecidas. También para la identificación de rasgos diagnósticos distintivos (Legendre y Legendre 1998, Grimaldo 2001, Franco e Hidalgo 2003, Vargas *et al.* 2007, Castro *et al.* 2010). De igual forma, son herramientas metodológicas que permiten el análisis de los patrones de variación morfológica, para detectar la formación de grupos a partir de similitudes o distancias entre estos rasgos debido a discontinuidades de la variación. Maldonado (2000) caracterizó *Hylocereus undatus* de Yucatán. Grimaldo (2001) analizó la distinción entre seis variedades cultivadas de esta especie. Juárez (2004) caracterizó dos materiales de *H. purpusii* (la pitahaya roja) de Jalisco cultivados en traspatio y Cruz (2008) caracterizó a *H. ocamponis* (la pitahaya roja) en Michoacán utilizando plantas de 19 sitios. No obstante, no existe un estudio morfométrico de *Hylocereus* en Jalisco. Su ejecución es necesaria para identificar las características discriminantes entre *H. ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus*. Particularmente para obtener evidencia que permita discriminar a *H. ocamponis* de *H. purpusii*. También permitirá evaluar los patrones de variación

intrapoblacional e interpoblacional de las tres especies que ocurren en el Estado y de ser posible corroborar la presencia de *H. triangularis* en esta entidad, mencionada por Cáliz (2004).

JUSTIFICACIÓN

En Jalisco existe un aprovechamiento tradicional del fruto de Pitahaya. Las plantas se encuentran en cultivos de traspatio o en huertos. Para avanzar en el conocimiento de su biología y potenciar su aprovechamiento se requiere reconocer claramente las tres especies que crecen en Jalisco. Identificar sus patrones de variación intrapoblacional e interespecificas, conocer su hábitat y describir las condiciones ecológicas en que se desarrollan, esto permitirá reconocerlas, discriminarlas y facilitará su uso en estudios diversos.

HIPÓTESIS

Hylocereus ocamponis, *H. purpusii* e *H. undatus* son especies morfológicamente distinguibles.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la variación de los caracteres morfológicos en *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* que crecen en Jalisco.

Objetivos particulares

- Analizar los patrones de variación morfológica de *H. ocamponis* de Jalisco.
- Analizar los patrones de variación morfológica de *H. purpusii* de Jalisco.
- Analizar los patrones de variación morfológica de *H. undatus* de Jalisco.
- Comparar los patrones de variación morfológica de *H. purpusii*, *H. ocamponis* e *H. undatus* de Jalisco.
- Identificar los rasgos discriminantes entre éstas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estado de Jalisco se ubica en el occidente de México, entre los 22°45' y 18°55' de latitud Norte y 101°28' y 105°42' de longitud Oeste (**fig. 1**). La diversidad corresponde a la irregularidad topográfica, variación climática y ecológica. Rzedowski y McVaugh (1966) reconocieron 13 tipos de vegetación para Nueva Galicia que incluye a Jalisco en su totalidad. Éstos son palmar, bosque tropical subdeciduo, bosque tropical deciduo, bosque espinoso, matorral subtropical, vegetación sabanoide, zacatal, matorral crasicaule, bosque pino y encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de oyamel, vegetación acuática y manglar. De acuerdo con Toledo y Ordoñez (1998) en Jalisco se encuentran cinco de las seis zonas ecológicas que ocurren en el país: Tropical subhúmedo, templado húmedo, templado subhúmedo, árida semiárida y alpina tropical húmeda. Según Morrone (2001) en la entidad se encuentran presentes dos reinos y cinco provincias biogeográficas: Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico Trans-mexicano, Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur y Costa Pacifica Mexicana (Ramírez *et al.* 2010). Los factores antes mencionados contribuyen a la diversidad biológica de Jalisco.

Material estudiado

Se realizó una revisión de literatura especializada en el género *Hylocereus*. Por separado, se revisaron ocho colecciones biológicas de diferentes herbarios del país (CHAPA, CICY, CIIDIR-OAX, ENCB, IBUG, MEXU, XAL, ZEA). Esto para identificar las zonas de distribución conocida de *Hylocereus* en Jalisco (**anexo 4**) y trazar rutas

de exploración de campo para seleccionar las poblaciones a estudiar. Durante el trabajo de campo, entre 2009-2011, se eligieron cinco sitios. Éstos fueron seleccionados en base a la accesibilidad a las plantas, número de individuos presentes en la población y disponibilidad de tallos (**cuadro 3, fig. 1**). En Tecolotlán y Ejutla se evaluaron poblaciones de *H. ocamponis*, en Amacueca y Atoyac poblaciones de *H. purpusii* y en sayula se evaluaron una de *H. ocamponis* y otra de *H. purpusii*. Para *H. undatus* no se localizaron muchos individuos agrupados en un área específica, encontrándose entre una y cuatro plantas por sitio. Por ello, para conformar un grupo se muestrearon diferentes sitios y se midieron individuos en cada uno, integrándolos como una población. Todas las plantas de *H. undatus* son cultivadas, en su mayoría de traspatio y algunas en los jardines de las casas. En éste trabajo se estudiaron siete poblaciones, tres de *H. ocamponis*, tres de *H. purpusii* y una de *H. undatus* (**cuadro 2**).

Descripción de los sitios de estudio

Sitio 1. Municipio de Sayula, el predio La Huizachera (19°53'55.34" N 103°37'19.05" W) en bosque tropical caducifolio. *Hylocereus ocamponis* (HOS) e *H. purpusii* (HPS) e *H. undatus* (HUJ) coexisten como cultivadas sobre un cerco de piedra de 150 m de largo. Éste recibe sombra parcial de mezquites y guayabos plantados con esta finalidad. Una vez al año, las plantas son fertilizadas y se realizan podas. El cultivo se estableció hace más de 10 años, con tallos colectados en condiciones silvestres y de cultivo, provenientes de localidades aledañas a Sayula. Hay gran cantidad de tallos mezclados y se dificulta considerarlos como individuos separados. Por ello, el área del cerco se dividió en 18 secciones, cada sección se

consideró un individuo. En cada sección se aprecian una o dos especies. En total se analizaron 29 individuos de los cuales 16 pertenecen a *H. ocamponis*, 12 a *H. purpusii* y uno a *H. undatus*.

Sitio 2. Municipio de Tecolotlán, predio Tamazulita (20°09'08.1" N 103°58'37.8" W) en bosque tropical subcaducifolio. *Hylocereus ocamponis* (HOT) crece en estado silvestre, sobre rocas, en las laderas del cerro y sobre mezquites y tepehuajes. El número de plantas es cercano a 20, los lugareños señalan que el número de individuos en la población se ha reducido con el paso del tiempo. En éste sitio se observó la presencia de *H. purpusii* en una ladera de cerro, a menos de 1 km de distancia.

Sitio 3. Municipio de Ejutla, población llamada San Lorenzo (19°57'28.8" N 103°59'22.3" W) en bosque tropical subcaducifolio. *Hylocereus ocamponis* (HOE) se encuentra en condiciones de traspatio, sobre parotas, tepehuajes, guamúchiles y paredes rocosas junto a las casas y los establos de la zona. El número de plantas es cercano a 20. Éstas son fomentadas por los lugareños, pero a la vez, el crecimiento se ve diezmado por el ataque constante del ganado vacuno, que se alimenta de los tallos. Algunos individuos de *H. purpusii* se observaron a un par de kilómetros de éste sitio.

Sitio 4. Municipio de Amacueca, población llamada San Juanito (19°58'11.1" N 103°37'07.0" W) en bosque tropical caducifolio. *Hylocereus purpusii* (HPJ), se encuentra cultivada en traspatio, sobre pitayos y algunos mezquites. El número de

plantas es cercano a 20. En éste sitio se encuentran algunos individuos cultivados de *H. ocamponis* e *H. undatus*.

Sitio 5. Municipio de Atoyac, población llamada San Juan (20°00'06.0" N 103°26'03.3" W) en bosque tropical caducifolio. *Hylocereus purpusii* (HPA) se encuentra en forma silvestre, sobre mezquites ubicados a la orilla de un arroyo. El número de plantas es cercano a 15. En las cercanías se encuentra un individuo de *H. ocamponis*.

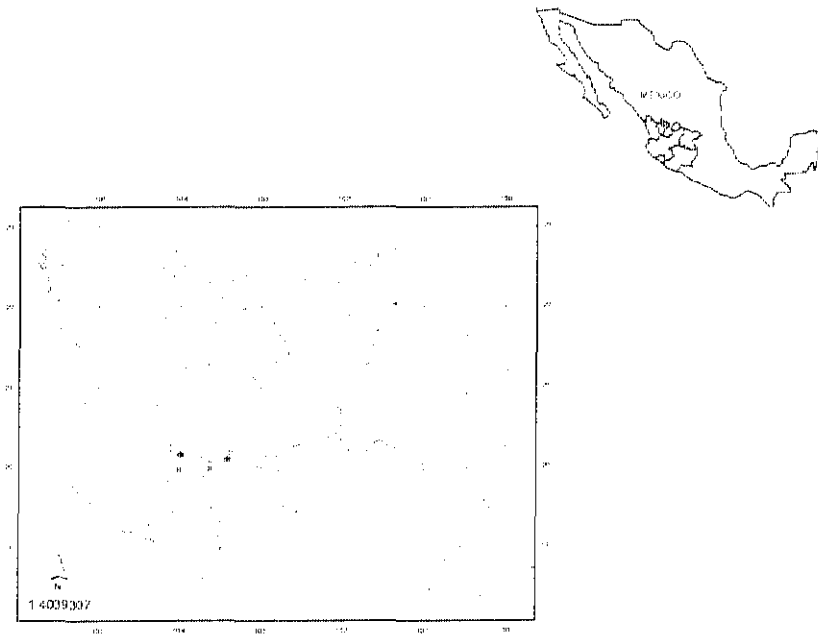


Fig. 1. Sitios de estudio de *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* en Jalisco. Simbología: 1 = *Hylocereus ocamponis* de Sayula (HOS) e *H. purpusii* de Sayula (HPS), 2 = *H. ocamponis* de Tecolotlán (HOT), 3 = *H. ocamponis* de Ejutla (HOE), 4 = *H. purpusii* de Amacueca (HPJ) y 5 = *H. purpusii* de Atoyac (HPA).

Cuadro 2. Especies del género *Hylocereus*, sitios de estudio y número de muestras incluidas en el análisis morfométrico. * La altitud se considero en msnm, ND = Dato no disponible.

| Especie | Coordenadas geográficas | Vegetación | Municipio | Sitio | Altitud* | Individuos. | Tallos | Flores | Frutos |
|---------------------------|---|--------------------------------|---|-------------|----------|-------------|--------|--------|--------|
| <i>H. ocamponis</i> | 19°53'55.34" N 103°37'19.05" W | Bosque tropical caducifolio | Sayula | Sitio 1 | 1520 | 16 | 240 | 32 | 35 |
| <i>H. ocamponis</i> | 20°09'08.1" N 103°58'37.8" W | Bosque tropical subcaducifolio | Tecolotlán | Sitio 2 | 1480 | 15 | 200 | 7 | 5 |
| <i>H. ocamponis</i> | 19°57'28.8" N 103°59'22.3" W | Bosque tropical subcaducifolio | Ejutla | Sitio 3 | 1044 | 15 | 202 | ND | ND |
| <i>Total H. ocamponis</i> | | | | | | 46 | 642 | 39 | 40 |
| <i>H. purpusii</i> | 19°53'55.34" N 103°37'19.05" W | Bosque tropical caducifolio | Sayula | Sitio 1 | 1512 | 12 | 160 | 7 | 36 |
| <i>H. purpusii</i> | 19°58'11.1" N 103°37'07.0" W | Bosque tropical caducifolio | Amacueca | Sitio 4 | 1369 | 17 | 238 | ND | 37 |
| <i>H. purpusii</i> | 20°00'06.0" N 103°26'03.3" W | Bosque tropical caducifolio | Atoyac | Sitio 5 | 1600 | 16 | 240 | ND | 16 |
| <i>Total H. purpusii</i> | | | | | | 45 | 638 | 7 | 89 |
| <i>H. undatus</i> | 22°45' y 18°55'N 101°28' y 105°42' W | Bosque tropical caducifolio | Amacueca Atoyac Guadalajara Sayula | 1044 a 1600 | | 11 | 144 | 6 | ND |
| <i>Total H. undatus</i> | | | | | | 11 | 144 | 6 | ND |

Análisis de datos

De cada población se eligieron de 11 hasta 17 individuos según la disponibilidad. Se midieron de 7 a 15 tallos de cada individuo, considerando que tuvieran al menos un año de crecimiento, evitando incluir en el análisis aquellos que presentaban características juveniles. Se utilizaron 10 variables vegetativas y 36 reproductivas con un total de 46 (**cuadro 3, anexo 3**). Las variables fueron seleccionadas siguiendo los trabajos de Grimaldo (2001), Juárez (2004) y García (2007). Los datos registrados se incorporaron en diferentes bases de datos: promediadas a nivel de individuo, promediadas a nivel de población y promediadas a nivel de especie. Los rasgos vegetativos y reproductivos se analizaron por separado, para identificar cuales atributos contribuyen a la distinción de las especies según su condición fenológica. También se utilizaron en forma conjunta, cuando esto sucede se señala en el análisis respectivo.

Cuadro 3. Características utilizadas para evaluar la variación morfológica del género *Hylocereus* en Jalisco.

| Variables | Código | Unidad |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Caracteres vegetativos | | |
| Altura de ondulación | AO | mm |
| Altura al vértice | AV | mm |
| Abertura del ángulo de ondulación | AAO | mm |
| Distancia entre aréolas | DisA | mm |
| Diámetro de las aréolas | DiaA | mm |
| Número de espinas por aréola | EA | mm |
| Pruinosidad | P | Proporción |
| Longitud de las espinas | LE | mm |
| Número de espinas por tallo =(NA*EA) | NET | Unidad |
| Altura total de la costilla =(AO+AV) | AT | mm |
| Caracteres de la flor | | |
| Longitud de la flor | LF | mm |

| | | |
|--|------|-------------|
| Número de los segmentos interiores del perianto | NSI | Unidad |
| Longitud de los segmentos interiores del perianto | LSI | mm |
| Ancho de los segmentos interiores del perianto | ASI | mm |
| Forma de los segmentos interiores del perianto $= (LSI/ASI)$ | FSI | Proporción |
| Número de segmentos intermedios del perianto | NSIn | Unidad |
| Longitud de segmentos intermedios del perianto | LSIn | mm |
| Ancho de segmentos intermedios del perianto | ASIn | mm |
| Forma de segmentos intermedios del perianto $= (LSIn/ASIn)$ | FSIn | Proporción |
| Número de segmentos externos del perianto | NSE | Unidad |
| Longitud de segmentos externos del perianto | LSE | mm |
| Ancho de segmentos externos del perianto | ASE | mm |
| Forma de segmentos externos del perianto $= (LSE/ASE)$ | FSE | Proporción |
| Longitud de cámara nectaria | LCN | mm |
| Ancho de cámara nectaria | ACN | mm |
| Forma de cámara nectaria $= (LCN/ACN)$ | FCN | Proporción |
| Longitud de estambres | LEs | mm |
| Longitud de ovario | LO | mm |
| Ancho de ovario | Aov | mm |
| Forma de ovario $= (LO/AO)$ | FO | Proporción |
| Longitud del estilo | LS | mm |
| Diámetro del estilo | DS | mm |
| Forma del estilo $= (LS/DS)$ | FS | Proporción |
| Número de lóbulos de estigma | NLE | Unidad |
| Longitud de lóbulos de estigma | LLE | mm |
| Caracteres del fruto | | |
| Longitud de fruto | LFr | mm |
| Diámetro de fruto | DF | mm |
| Número de brácteas por fruto | NB | Unidad |
| Longitud de brácteas | LB | mm |
| Ancho de brácteas | AB | mm |
| Forma de brácteas $= (LB/AB)$ | FB | Proporción |
| Peso del fruto | PF | Gr |
| Espesor de cáscara | EC | mm |
| Valores Brix | GB | Grados Brix |
| pH | pH | pH |
| Índice de redondez $= (Lfr * DF)$ | IR | mm |

Análisis de funciones discriminantes

Para corroborar que los individuos estuvieran asignados en forma correcta a la especie correspondiente se hizo un análisis de funciones discriminantes. Para ello se utilizó la matriz de medias de las variables vegetativas de cada individuo (ésta se obtuvo con el promedio de los tallos medidos de cada individuo) y el nombre de la especie se usó como variable de clasificación. Se utilizó el programa de cómputo StatGraphicsCenturion versión 12. 2. 06 (2007).

Patrones de variación morfológica

Para analizar los patrones de variación morfológica se consideraron cuatro niveles: i) Cada variable por especie; ii) Individuos por especie; iii) Poblaciones por especie, y iv) Entre especies. Como un primer paso, todas las variables se estandarizaron utilizando la base logarítmica ($\log X+1$) para homogeneizarlas a una sola escala. De manera paralela, se confirmó la no colinealidad de las variables, mediante un análisis de Draftman, para cumplir el supuesto y efectuar el análisis de ordenación (Clarke y Gorley 2006). Se realizaron varios análisis independientes, acordes a los niveles de análisis definidos, en cada uno se utilizó un método de ordenación (Análisis de Componentes Principales (ACP) y un método de Clasificación (AC). Para hacer los ACP, se siguió la metodología estándar (Clarke y Gorley 2006) y para los AC se utilizó el Coeficiente de Distancia Euclidiana y el Método de Agrupación del Grupo Promedio con Media Aritmética no Ponderada (UPGMA). Todos los análisis se realizaron en el programa de cómputo PRIMER 6 versión 6.1.6 (2006). A continuación se detalla el manejo de los datos para cada nivel de análisis:

Para cada una de las 46 variables se estimaron el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El objetivo fue evaluar la dispersión de la variación de los individuos al interior de cada especie.

Los patrones de variación entre individuos de una misma especie se evaluaron utilizando las variables vegetativas y los caracteres del fruto por separado. Esto debido a que la representación de frutos para *H. ocamponis* fue muy baja y para *H. undatus* inexistente. Para las variables vegetativas se generó una matriz de medias por individuo. Ésta se obtuvo promediando las medidas de los tallos de cada individuo. Los valores de ocho variables del fruto fueron considerados directamente y sólo para el largo de la bráctea y ancho de la bráctea se utilizó el promedio generado a partir de las medidas de cinco brácteas. Se evaluaron 40 frutos para *Hylocereus ocamponis*, 89 para *H. pupusii* y ninguno de *H. undatus*.

Los patrones de variación entre las poblaciones dentro de una especie se evaluaron utilizando las variables vegetativas y los caracteres del fruto por separado. Para ambas se generó una matriz de medias por población. Ésta se obtuvo con el promedio de las variables vegetativas y promedio de los frutos por población.

Por último, se evaluaron los patrones de variación entre especies. Se hicieron tres análisis. En el primero se utilizaron sólo las variables vegetativas. En el segundo se consideraron únicamente las variables de la flor. El valor de los caracteres fue tomado a partir de una sola medida, excepto para el largo y ancho de los segmentos del perianto, para las que se utilizó el promedio generado a partir de cinco mediciones. En el tercero se consideraron de manera conjunta los caracteres

vegetativos y de flor. Para ello, se generaron matrices de medias por especie. Éstas se obtuvieron con el promedio de los caracteres del total de individuos de cada especie. Se hicieron los ACP y AC correspondientes.

RESULTADOS

Se corroboró la presencia de *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* en Jalisco. No se detectó la presencia de *H. trigonus*. *Hylocereus ocamponis* e *H. purpusii* se encontraron en condiciones silvestres y de cultivo, con frecuencia en simpatria. *Hylocereus undatus* fue la más abundante en condición cultivada, en traspatio, huertos o jardines de casas rurales y urbanas. Sólo se observaron individuos naturalizados creciendo en el bosque tropical caducifolio en la Isla Grande de la Laguna de Sayula, municipio de Atoyac. *Hylocereus ocamponis* se localizó en 17 sitios dentro de 10 municipios, *H. purpusii* en 16 sitios ubicados en 10 municipios e *H. undatus* en 14 sitios pertenecientes a 6 municipios (**anexo 4**). Para esta última, no fueron consideradas o cuantificadas aquellas plantas ubicadas dentro de fincas en áreas urbanas. El hábitat natural de ocurrencia del género en Jalisco son los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, desde los 20 hasta 1900 msnm. El área donde se concentra el mayor número de registros de ocurrencia de *Hylocereus* en Jalisco es la cuenca de Sayula.

Análisis de discriminación

El análisis de Funciones Discriminantes (AFD) mostró que las tres especies de *Hylocereus* son morfológicamente diferentes. De los 102 individuos incluidos en el estudio, el 100% fue correctamente clasificado con base en 10 variables vegetativas (**cuadro 4, fig. 2**). Las dos primeras funciones discriminantes fueron estadísticamente significativas a un nivel de confianza al 95% ($P = 0.0000$).

Cuadro 4. Clasificación de cada individuo a nivel especie obtenida con el Análisis de Funciones Discriminantes (AFD). Porcentaje de casos correctamente clasificados (100%).

| Especie | Núm. de Individuos | Grupo Predicho | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | | <i>H. ocamponis</i> | <i>H. purpusii</i> | <i>H. undatus</i> |
| <i>H. ocamponis</i> | 46 | 46 (100 %) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| <i>H. purpusii</i> | 45 | 0 (0%) | 45 (100 %) | 0 (0%) |
| <i>H. undatus</i> | 11 | 0 (0%) | 0 (0%) | 11 (100%) |

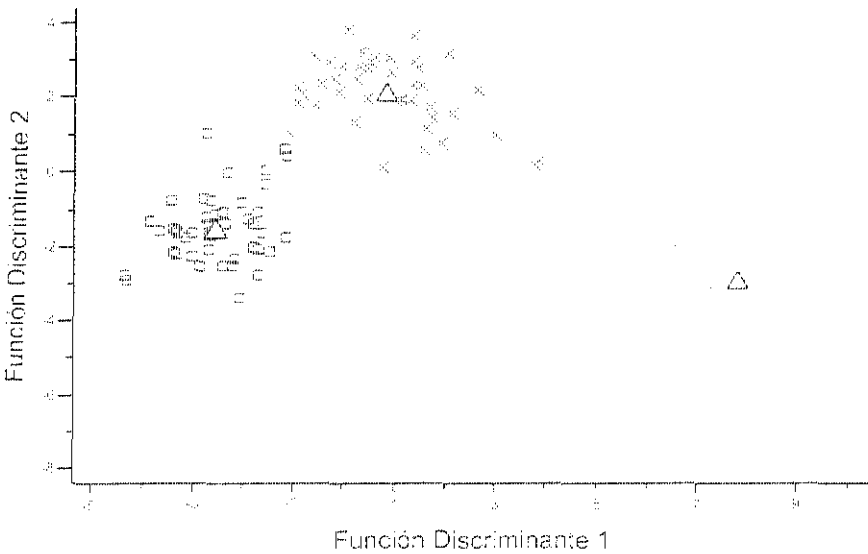


Fig. 2. Funciones discriminantes que muestra el agrupamiento y clasificación de los 102 individuos estudiados. Simbología: □ *H. ocamponis* × *H. purpusii* H. *undatus* △ Centroides

Variación morfológica de cada variable en *Hylocereus ocamponis*

Las medidas de tendencia central, de caracteres vegetativos, florales y de fruto en *Hylocereus ocamponis*, indican que los caracteres más constantes para éste taxón son: la pruinosidad que se presenta en todas las muestras, el pH ácido del fruto, la longitud de la flor, la longitud del ovario y el número de segmentos intermedios del perianto. De manera paralela, los caracteres más variables para éste taxón son: el peso del fruto, la forma de los segmentos externos del perianto, la altura de ondulación, la longitud de los lóbulos del estigma, la longitud de los segmentos externos del perianto, la forma de la cámara nectaria, la forma de los segmentos externos del perianto y el espesor de la cáscara (**Cuadro 5**).

Variación morfológica de cada variable en *Hylocereus purpusii*

Las medidas de tendencia central, de caracteres vegetativos, florales y de fruto en *H. purpusii*, indican que los caracteres más constantes para éste taxa son: la forma de los segmentos interiores del perianto, el ancho de segmentos externos del perianto, la longitud de la flor, el número de segmentos externos del perianto, el pH ácido del fruto, la longitud del ovario, la longitud del estilo, el número de lóbulos del estigma, la forma de segmentos intermedios del perianto, el número de los segmentos interiores del perianto, la longitud de los segmentos intermedios del perianto, la longitud de lóbulos de estigma, la longitud de las espinas y la longitud de los segmentos interiores del perianto. De manera paralela, los caracteres más variables para éste taxa son: el peso de fruto, la longitud de la espina, la forma de la cámara nectaria, el ancho de la cámara nectaria y el número de brácteas por fruto (**cuadro 6**).

Cuadro 5. Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en *Hylocereus ocamponis*. Simbología. X=Media aritmética, DS=Desviación Estandar CV=Coficiente de variación, V. Min=Valor Mínimo, V Máx=Valor Máximo. Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los subrayados son los que presentan un menor CV.

| Variables | X | DS | CV (%) | V. Mín | V. Máx |
|---|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Altura de ondulación | 4.17 | 1.13 | 27.02 | 2.04 | 6.17 |
| Altura al vértice | 21.23 | 3.84 | 18.08 | 14.91 | 27.04 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 41.71 | 5.40 | 12.94 | 34.38 | 58.45 |
| Distancia entre aréolas | 37.62 | 5.58 | 14.83 | 29.81 | 54.66 |
| Diámetro de las aréolas | 4.25 | 0.61 | 14.31 | 2.81 | 5.16 |
| Número de espinas por aréola | 7.79 | 1.21 | 15.59 | 6.00 | 10.29 |
| <u>Pruinosidad</u> | <u>1.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| Longitud de las espinas | 11.27 | 2.61 | 23.19 | 5.85 | 18.83 |
| Número de espinas por tallo | 388.27 | 113.97 | 29.35 | 170.40 | 711.88 |
| Altura total de la costilla | 25.40 | 4.56 | 17.94 | 18.35 | 32.15 |
| <u>Longitud de la flor</u> | <u>340.94</u> | <u>25.06</u> | <u>7.35</u> | <u>295.00</u> | <u>420.00</u> |
| Número de los segmentos interiores del perianto | 23.79 | 2.59 | 10.89 | 19.00 | 32.00 |
| Longitud de los segmentos interiores del perianto | 127.46 | 21.96 | 17.23 | 106.20 | 159.60 |
| Ancho de los segmentos interiores del perianto | 31.55 | 4.75 | 15.06 | 19.95 | 48.04 |
| Forma de los segmentos interiores del perianto | 4.11 | 0.88 | 21.50 | 0.42 | 5.88 |
| <u>Número de segmentos intermedios del perianto</u> | <u>27.92</u> | <u>2.55</u> | <u>9.14</u> | <u>22.00</u> | <u>34.00</u> |
| Longitud de segmentos intermedios del perianto | 146.09 | 19.45 | 13.32 | 60.60 | 178.60 |
| Ancho de segmentos intermedios del perianto | 13.92 | 1.87 | 13.42 | 8.28 | 17.29 |
| Forma de segmentos intermedios del perianto | 10.53 | 2.21 | 21.01 | 5.62 | 19.69 |
| Número de segmentos externos del perianto | 81.05 | 10.69 | 13.19 | 56.00 | 110.00 |
| Longitud de segmentos externos del perianto | 55.11 | 16.06 | 29.15 | 36.30 | 97.76 |
| Ancho de segmentos externos del perianto | 14.36 | 1.54 | 10.76 | 10.70 | 17.54 |
| Forma de segmentos externos del perianto | 3.84 | 1.02 | 26.46 | 2.34 | 6.80 |
| Longitud de cámara nectararia | 33.40 | 6.35 | 19.02 | 24.37 | 48.90 |
| Ancho de cámara nectararia | 11.71 | 2.70 | 23.09 | 6.68 | 16.85 |
| Forma de cámara nectararia | 3.00 | 0.91 | 30.36 | 1.68 | 5.25 |
| Longitud de estambres | 106.76 | 21.80 | 20.42 | 71.74 | 158.00 |
| <u>Longitud de ovario</u> | <u>41.19</u> | <u>3.42</u> | <u>8.31</u> | <u>34.00</u> | <u>47.79</u> |
| Ancho de ovario | 19.63 | 2.80 | 14.26 | 14.73 | 27.01 |
| Forma de ovario | 2.13 | 0.28 | 12.97 | 1.58 | 2.72 |
| Longitud del estilo | 258.62 | 28.63 | 11.07 | 135.00 | 302.00 |
| Diámetro del estilo | 6.20 | 1.19 | 19.17 | 4.49 | 9.35 |
| Forma del estilo | 42.83 | 7.86 | 18.35 | 24.37 | 59.69 |
| Número de lóbulos de estigma | 27.11 | 6.44 | 23.76 | 13.00 | 41.00 |
| Longitud de lóbulos de estigma | 20.86 | 5.79 | 27.76 | 10.07 | 38.29 |
| Longitud de fruto | 141.08 | 20.96 | 14.86 | 48.00 | 175.00 |
| Diámetro de fruto | 72.13 | 7.72 | 10.71 | 52.00 | 88.00 |
| Número de brácteas por fruto | 53.48 | 9.88 | 18.48 | 29.00 | 69.00 |
| Longitud de brácteas | 32.06 | 5.39 | 16.81 | 10.40 | 42.95 |
| Ancho de brácteas | 16.64 | 2.45 | 14.74 | 9.00 | 23.12 |
| Forma de brácteas | 0.52 | 0.07 | 14.53 | 0.39 | 0.73 |
| Peso del fruto | 293.65 | 75.81 | 25.81 | 140.00 | 455.00 |
| Espesor de cáscara | 2.89 | 0.89 | 30.61 | 1.00 | 5.00 |
| Valores Brix | 17.31 | 2.51 | 14.47 | 11.00 | 20.00 |
| <u>Potencial Hidrogeno</u> | <u>5.43</u> | <u>0.27</u> | <u>4.94</u> | <u>4.99</u> | <u>5.88</u> |
| Índice de redondez | 1.94 | 0.37 | 19.28 | 0.62 | 2.66 |

Cuadro 6. Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en *Hylocereus purpusii*. Simbología. X=Media aritmética, DS=Desviación Estandar CV=Coficiente de variación, V.Min=Valor Mínimo, V.Máx=Valor Máximo. Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los subrayados son los que presentan un menor CV.

| Variables | X | DS | CV (%) | V. Min | V. Máx |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Altura de ondulación | 4.04 | 0.84 | 20.87 | 2.25 | 5.67 |
| Altura al vértice | 17.22 | 2.95 | 17.15 | 13.26 | 23.56 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 38.36 | 5.19 | 13.54 | 21.85 | 49.29 |
| Distancia entre aréolas | 38.41 | 4.73 | 12.32 | 23.32 | 46.11 |
| Diámetro de las aréolas | 3.20 | 0.46 | 14.52 | 2.41 | 4.22 |
| Número de espinas por aréola | 6.42 | 0.90 | 14.04 | 3.00 | 8.13 |
| Pruinosidad | 0.81 | 0.20 | 24.10 | 0.27 | 1.00 |
| Longitud de las espinas | 2.20 | 0.97 | 44.20 | 1.00 | 5.16 |
| Número de espinas por tallo | 339.12 | 68.61 | 20.23 | 160.50 | 495.07 |
| Altura total de la costilla | 21.26 | 3.42 | 16.09 | 16.48 | 29.18 |
| <u>Longitud de la flor</u> | <u>306.00</u> | <u>11.31</u> | <u>3.70</u> | <u>298.00</u> | <u>314.00</u> |
| <u>Número de los segmentos interiores del perianto</u> | <u>24.71</u> | <u>2.43</u> | <u>9.83</u> | <u>21.00</u> | <u>28.00</u> |
| <u>Longitud de los segmentos interiores del perianto</u> | <u>121.26</u> | <u>11.98</u> | <u>9.88</u> | <u>109.20</u> | <u>146.20</u> |
| Ancho de los segmentos interiores del perianto | 26.42 | 3.19 | 12.07 | 21.78 | 30.17 |
| <u>Forma de los segmentos interiores del perianto</u> | <u>4.62</u> | <u>0.42</u> | <u>9.08</u> | <u>4.05</u> | <u>5.09</u> |
| Número de segmentos intermedios del perianto | 23.43 | 3.74 | 15.94 | 16.00 | 27.00 |
| <u>Longitud de segmentos intermedios del perianto</u> | <u>134.77</u> | <u>13.25</u> | <u>9.83</u> | <u>119.00</u> | <u>156.00</u> |
| Ancho de segmentos intermedios del perianto | 10.39 | 1.18 | 11.32 | 8.36 | 11.55 |
| <u>Forma de segmentos intermedios del perianto</u> | <u>13.03</u> | <u>1.18</u> | <u>9.02</u> | <u>11.71</u> | <u>14.85</u> |
| <u>Número de segmentos externos del perianto</u> | <u>86.29</u> | <u>5.94</u> | <u>6.88</u> | <u>78.00</u> | <u>94.00</u> |
| Longitud de segmentos externos del perianto | 60.60 | 14.31 | 23.61 | 33.43 | 76.26 |
| <u>Ancho de segmentos externos del perianto</u> | <u>12.01</u> | <u>0.42</u> | <u>3.48</u> | <u>11.27</u> | <u>12.55</u> |
| Forma de segmentos externos del perianto | 5.09 | 1.24 | 24.57 | 2.66 | 6.27 |
| Longitud de cámara nectaría | 29.07 | 5.63 | 19.37 | 20.10 | 36.90 |
| Ancho de cámara nectaría | 10.57 | 3.12 | 29.52 | 6.65 | 15.30 |
| Forma de cámara nectaría | 2.92 | 0.92 | 31.60 | 1.68 | 4.68 |
| Longitud de estambres | 97.00 | 20.61 | 21.24 | 66.00 | 123.00 |
| <u>Longitud de ovario</u> | <u>42.99</u> | <u>3.40</u> | <u>7.90</u> | <u>40.63</u> | <u>49.36</u> |
| Ancho de ovario | 18.75 | 3.12 | 16.62 | 14.34 | 21.91 |
| Forma de ovario | 2.37 | 0.55 | 23.23 | 1.94 | 3.31.72 |
| <u>Longitud del estilo</u> | <u>240.67</u> | <u>20.04</u> | <u>8.33</u> | <u>220.00</u> | <u>271.00</u> |
| Diámetro del estilo | 6.35 | 0.80 | 12.55 | 5.41 | 7.62 |
| Forma del estilo | 38.44 | 5.57 | 14.50 | 28.87 | 44.36 |
| <u>Número de lóbulos de estigma</u> | <u>24.29</u> | <u>2.14</u> | <u>8.80</u> | <u>21.00</u> | <u>27.00</u> |
| <u>Longitud de lóbulos de estigma</u> | <u>16.43</u> | <u>1.62</u> | <u>9.87</u> | <u>14.65</u> | <u>18.60</u> |
| Longitud de fruto | 125.85 | 23.91 | 18.99 | 103.00 | 183.00 |
| Diámetro de fruto | 63.53 | 9.58 | 15.07 | 52.00 | 84.00 |
| Número de brácteas por fruto | 47.13 | 13.16 | 27.92 | 44.00 | 84.00 |
| Longitud de brácteas | 29.91 | 3.90 | 13.04 | 29.24 | 39.20 |
| Ancho de brácteas | 15.10 | 2.18 | 14.41 | 11.40 | 17.96 |
| Forma de brácteas | 0.51 | 0.08 | 17.54 | 0.28 | 0.75 |
| Peso del fruto | 202.00 | 94.84 | 46.95 | 122.00 | 446.00 |
| Espesor de cáscara | 3.86 | 0.92 | 23.82 | 2.33 | 5.73 |
| Valores Brix | 15.39 | 1.83 | 11.87 | 13.00 | 19.00 |
| <u>Potencial Hidrogeno</u> | <u>5.42</u> | <u>0.38</u> | <u>7.08</u> | <u>4.15</u> | <u>5.96</u> |
| Índice de redondez | 1.98 | 0.25 | 12.74 | 1.81 | 2.76 |

Cuadro 7. Medidas de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica en *Hylocereus undatus*. Simbología. X=Media aritmética, DS=Desviación Estandar CV= Coeficiente de variación, V. Min=Valor Mínimo, V Máx=Valor Máximo. Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los **subrayados** son los que presentan un menor CV

| Variables | X | DS | CV (%) | V. Min | V. Máx |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Altura de ondulación | 5.83 | 1.09 | 18.68 | 4.20 | 7.69 |
| Altura al vértice | 12.83 | 3.63 | 28.29 | 8.48 | 18.48 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 35.19 | 4.82 | 13.69 | 29.42 | 43.42 |
| Distancia entre aréolas | 33.58 | 5.07 | 15.09 | 26.59 | 41.40 |
| Diámetro de las aréolas | 2.61 | 0.43 | 16.45 | 2.03 | 3.45 |
| Número de espinas por aréola | 1.59 | 0.73 | 46.03 | 1.00 | 3.14 |
| <u>Pruinosidad</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> |
| Longitud de las espinas | 2.94 | 0.72 | 24.62 | 1.61 | 4.06 |
| Número de espinas por tallo | 64.06 | 36.43 | 56.88 | 25.09 | 135.28 |
| Altura total de la costilla | 18.66 | 3.78 | 20.26 | 13.80 | 24.58 |
| <u>Longitud de la flor</u> | <u>347.33</u> | <u>17.93</u> | <u>5.16</u> | <u>328.00</u> | <u>380.00</u> |
| Número de los segmentos interiores del perianto | 23.67 | 2.58 | 10.91 | 21.00 | 28.00 |
| <u>Longitud de los segmentos interiores del perianto</u> | <u>128.18</u> | <u>6.37</u> | <u>4.97</u> | <u>121.20</u> | <u>135.80</u> |
| Ancho de los segmentos interiores del perianto | 32.50 | 4.57 | 14.07 | 23.91 | 36.45 |
| Forma de los segmentos interiores del perianto | 4.03 | 0.77 | 19.15 | 3.32 | 5.42 |
| Número de segmentos intermedios del perianto | 44.00 | 6.23 | 14.16 | 34.00 | 52.00 |
| <u>Longitud de segmentos intermedios del perianto</u> | <u>157.90</u> | <u>14.57</u> | <u>9.23</u> | <u>140.31</u> | <u>178.40</u> |
| <u>Ancho de segmentos intermedios del perianto</u> | <u>13.66</u> | <u>0.85</u> | <u>6.20</u> | <u>12.34</u> | <u>14.69</u> |
| Forma de segmentos intermedios del perianto | 11.57 | 0.82 | 7.11 | 10.52 | 12.64 |
| Número de segmentos externos del perianto | 21.50 | 3.78 | 17.59 | 16.00 | 27.00 |
| Longitud de segmentos externos del perianto | 47.77 | 7.84 | 16.41 | 35.18 | 58.46 |
| <u>Ancho de segmentos externos del perianto</u> | <u>16.67</u> | <u>1.23</u> | <u>7.38</u> | <u>15.22</u> | <u>18.28</u> |
| Forma de segmentos externos del perianto | 2.89 | 0.58 | 19.96 | 2.08 | 3.84 |
| <u>Longitud de cámara nectaría</u> | <u>31.19</u> | <u>1.97</u> | <u>6.33</u> | <u>27.72</u> | <u>33.80</u> |
| Ancho de cámara nectaría | 10.43 | 2.11 | 20.26 | 7.43 | 12.10 |
| Forma de cámara nectaría | 3.12 | 0.79 | 25.22 | 2.68 | 4.27 |
| Longitud de estambres | 84.32 | 15.85 | 18.79 | 57.06 | 102.00 |
| Longitud de ovario | 34.27 | 4.56 | 13.31 | 26.14 | 39.09 |
| Ancho de ovario | 19.38 | 2.74 | 14.15 | 16.68 | 24.34 |
| Forma de ovario | 1.81 | 0.40 | 22.32 | 1.58 | 2.72 |
| Longitud del estilo | 243.50 | 55.47 | 22.78 | 163.00 | 287.00 |
| <u>Diámetro del estilo</u> | <u>7.10</u> | <u>0.43</u> | <u>6.18</u> | <u>6.65</u> | <u>7.83</u> |
| Forma del estilo | 34.74 | 7.82 | 22.51 | 23.55 | 42.33 |
| Número de lóbulos de estigma | 25.00 | 2.68 | 10.73 | 22.00 | 29.00 |
| Longitud de lóbulos de estigma | 28.42 | 2.97 | 10.46 | 25.16 | 32.19 |

Variación morfológica de cada variable en *Hylocereus undatus*

Las medidas de tendencia central, de caracteres vegetativos, florales y de fruto en *H. undatus*, indican que los caracteres más constantes para éste taxa son: la pruinosis que no se presenta en ninguna de las muestras, la longitud de los segmentos interiores del perianto, la longitud de la flor, el diámetro del estilo, el ancho de los segmentos intermedios del perianto, la longitud de la cámara nectaria, el ancho de segmentos externos del perianto y la longitud de los segmentos intermedios del perianto. De manera paralela, los caracteres más variables para éste taxa son: el número de espinas por aréola y la altura al vértice (**cuadro 7**).

Patrones de variación morfológica

Variación entre individuos por especie

1. Rasgos vegetativos

Al realizar el ACP con los caracteres vegetativos promediados se pueden apreciar tres grupos (**fig. 3**). En el primero de ellos se reúnen todos los individuos de *Hylocereus ocamponis*, en el segundo se agrupan los individuos de *H. purpusii* excepto uno que se integra al tercer grupo compuesto por los individuos de *H. undatus*. El primer componente principal (CP1) explica el 60.3 % de la variación morfológica, mientras el segundo componente principal (CP2) explica el 27.9 % (**cuadro 8**). Las variables más explicativas para el CP1 son el número de espinas por tallo, la longitud de las espinas y el número de espinas por aréola. Éstas separan a *H. undatus* de *H. ocamponis* e *H. purpusii*. De forma similar las variables explicativas

para el PC2 son la altura de la ondulación y la pruinosis que separan a *H. purpusii* de *H. ocamponis*. El AC (fig. 4) mostró la misma agrupación que el ACP.



Fig. 3. Análisis de Componentes Principales que muestra los patrones de agrupamiento de los 102 individuos estudiados en Jalisco. Simbología: \square *H. ocamponis* \times *H. purpusii* \circ *H. undatus*

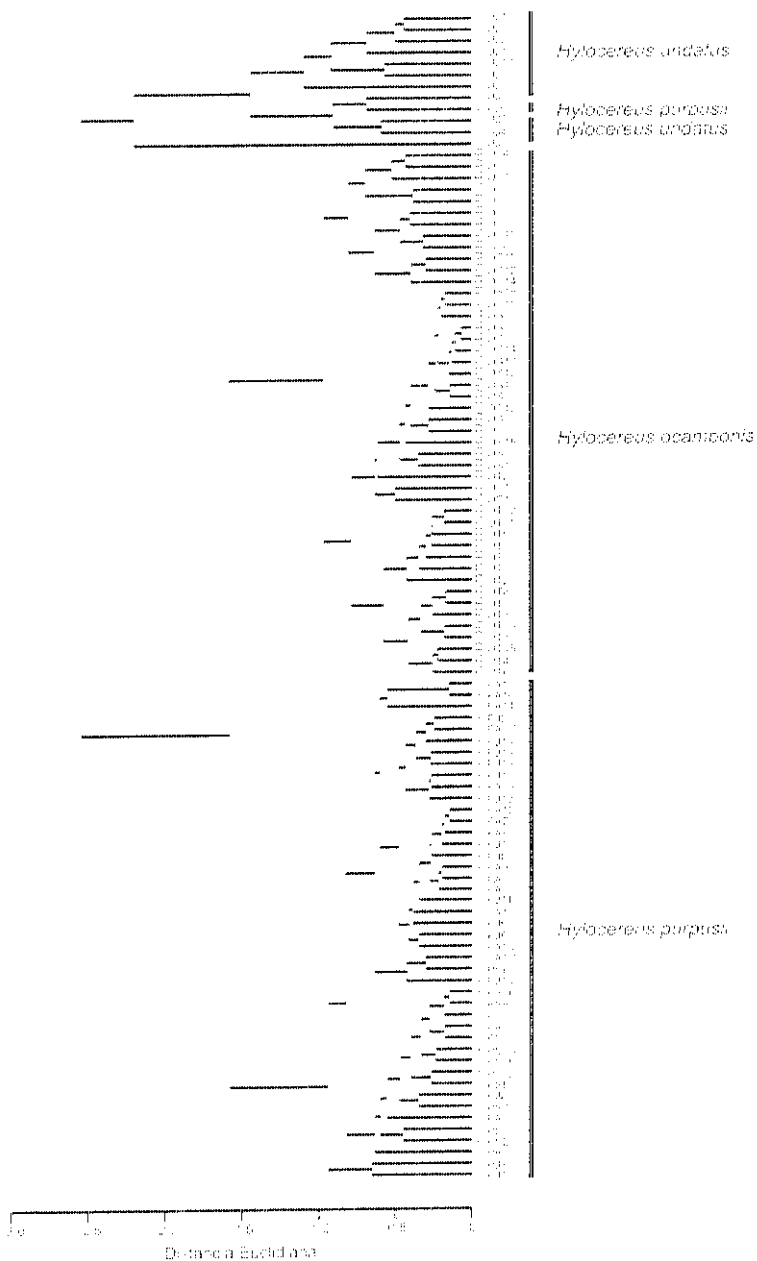


Fig. 4. Agrupación de los 102 individuos estudiados. Simbología: □ *H. ocamponis* × *H. purpusi* *H. undatus*

Cuadro 8. Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres vegetativos a nivel de individuos por especie, poblaciones por especie y entre especies del género *Hylocereus*. En **negritas** se resaltan las variables que contribuyen con mayor peso al CP1 y CP2.

| Variable | Individuos | | Poblaciones | | Especies | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 |
| Altura de ondulación | 0.038 | 0.146 | 0.080 | -0.148 | 0.117 | -0.091 |
| Altura al vértice | -0.194 | 0.048 | -0.183 | -0.038 | -0.173 | -0.062 |
| Abertura del ángulo de ondulación | -0.063 | 0.022 | -0.060 | -0.026 | -0.059 | -0.032 |
| Distancia entre aréolas | -0.029 | -0.035 | -0.031 | 0.044 | -0.047 | 0.045 |
| Diámetro de las aréolas | -0.170 | 0.078 | -0.160 | -0.083 | -0.129 | -0.108 |
| Número de espinas por aréola | -0.383 | -0.288 | -0.429 | 0.270 | -0.482 | 0.145 |
| Pruinosidad | -0.204 | -0.122 | -0.246 | 0.137 | -0.273 | 0.079 |
| Longitud de las espinas | -0.599 | 0.740 | -0.529 | -0.805 | -0.319 | -0.918 |
| Número de espinas por tallo | -0.601 | -0.562 | -0.625 | 0.471 | -0.718 | 0.312 |
| Altura total de la costilla | -0.139 | 0.085 | -0.121 | -0.076 | -0.102 | -0.080 |

2. Frutos

El ACP (**fig. 5**) y el AC (**fig. 6**) de los caracteres de fruto no genero grupos bien definidos. El primer componente principal (CP1) explica el 64.5 % de la variación morfológica, mientras que el segundo componente principal (CP2) explica el 11.9 % (**cuadro 9**). La variable más explicativa para el CP1 es el peso del fruto y para el CP2 el número de brácteas y el espesor de cáscara.

Cuadro 9. Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres del fruto entre individuos de una población de *Hylocereus ocamponis* (HOS) y tres poblaciones de *H. purpusii* (HPS, HPA, HPJ) y entre las cuatro poblaciones. En negritas se resaltan las variables que contribuyen con mayor peso al CP1 y CP2.

| Variable | Individuos | | Poblaciones | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 |
| Longitud de fruto | -0.257 | -0.189 | 0.272 | -0.001 |
| Diámetro de fruto | -0.254 | -0.048 | 0.243 | -0.035 |
| Número de brácteas por fruto | -0.338 | 0.604 | 0.462 | 0.635 |
| Longitud de brácteas | -0.061 | -0.218 | 0.114 | -0.268 |
| Ancho de brácteas | -0.142 | -0.278 | 0.082 | -0.604 |
| Forma de brácteas | -0.028 | -0.024 | -0.011 | -0.115 |
| Peso del fruto | -0.824 | -0.266 | 0.714 | -0.188 |
| Espesor de cáscara | 0.203 | -0.622 | -0.326 | 0.095 |
| Valores Brix | -0.096 | 0.027 | 0.13 | -0.312 |
| Potencial Hidrogeno | 0.002 | 0.025 | -0.013 | 0.031 |
| Índice de redondez | 0.002 | -0.114 | 0.013 | 0.045 |

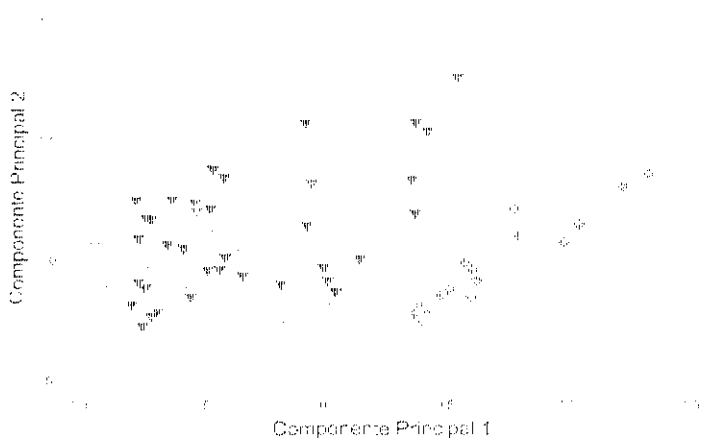


Fig. 5. Análisis de Componentes Principales que muestra los patrones de variación de los individuos de una población de *Hylocereus ocamponis* (HOS) y tres poblaciones de *H. purpusii* (HPS, HPA, HPJ) con base en el análisis de caracteres del fruto. Cada símbolo representa un fruto. Simbología: HOS ▾ HPS ▲ HPA ○ HPJ □.

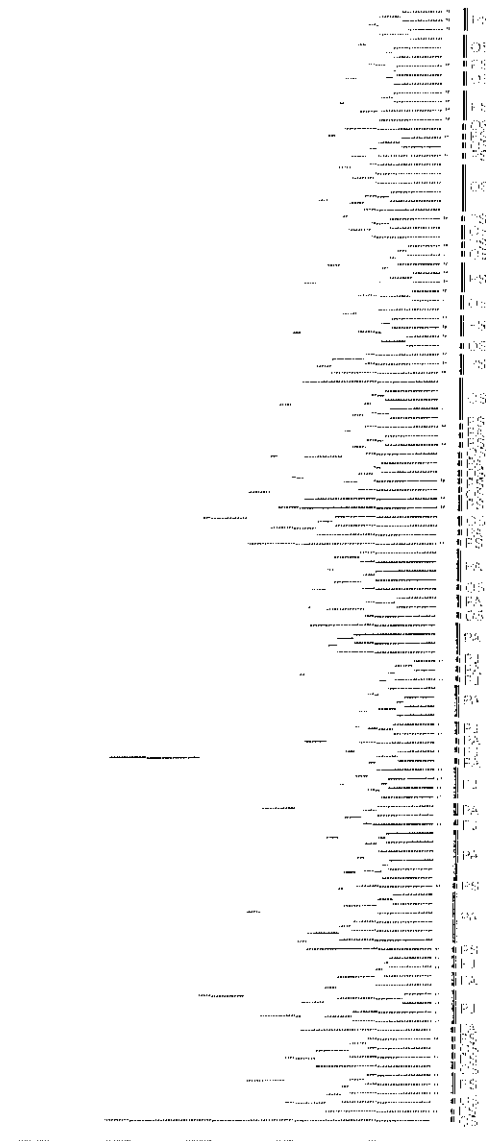


Fig. 6. Agrupación de los individuos de una población de *Hylocereus ocamponis* (HOS) y tres poblaciones de *H. purpusii* (HPS, HPA, HPJ) con base en el análisis de caracteres del fruto. Cada símbolo representa un fruto. Simbología: HOS ▯ HPS
HPA ⊕ HPJ.

Variación entre poblaciones por especie

1. Rasgos vegetativos

El ACP y el AC (**fig. 7**) de los caracteres vegetativos mostraron la formación de tres grupos. Cada uno corresponde con una especie de *Hylocereus*. El primer componente principal (CP1) explica el 68.3 % de la variación morfológica, mientras el segundo componente principal (CP2) explica el 27 % (**cuadro 8**). Las variables más explicativas para el CP1 son el número de espinas por tallo, la longitud de las espinas y el número de espinas por aréola, que nos permite separar a *H. undatus* de *H. ocamponis* e *H. purpusii*. A su vez las variables explicativas para el CP2 son la altura de la ondulación y la pruinosidad, que separa a *H. purpusii* de *H. ocamponis*.



Fig. 7. Patrones de variación (a) y clasificación (b) de siete poblaciones de *Hylocereus* en Jalisco. Simbología: □ *H. ocamponis* × *H. purpusii* ● *H. undatus*.

2. Frutos

El ACP y el AC (**fig. 8**) con los caracteres de fruto, produce dos grupos, uno corresponde a las poblaciones cultivadas y el otro a las poblaciones silvestres. El primer componente principal (CO1) explica el 91.9 % de la variación morfológica, el

segundo componente principal (CP2) explica el 6.9 % (**cuadro 9**). Las variables más explicativas para el CP1 son el peso del fruto, el número de brácteas y el espesor de cáscara y para el CP2 son el ancho de las brácteas y los valores Brix.

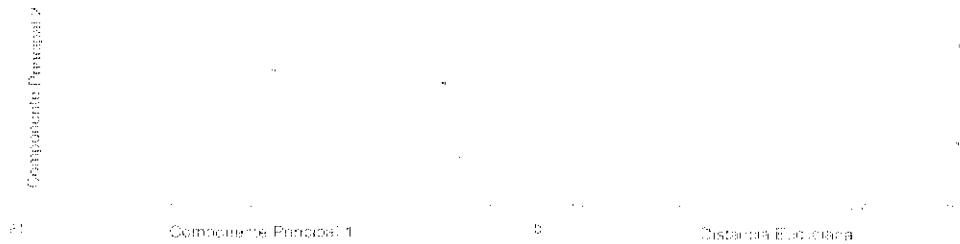


Fig. 8. Patrones de variación (a) y clasificación (b) de una población de *Hylocereus ocamponis* (HOS) y tres poblaciones de *H. purpusii* (HPS, HPA, HPJ) con base en caracteres del fruto. Cada símbolo representa el promedio de los frutos de la población. Simbología: HOS ▼ HPS □ HPA ○ HPJ.

Variación entre especies

1. Rasgos vegetativos

El ACP y el AC (**fig. 9, I a,b**) con caracteres vegetativos promediados recuperó tres grupos, cada uno de ellos pertenece a cada especie de *Hylocereus*. El primer componente principal (CP1) explica el 82.4 % de la variación morfológica, mientras el segundo componente principal (CP2) explica el 17.6 % (**cuadro 8 y 10**) Las variables más explicativas en el CP1 son el número de espinas por tallo y el número de espinas por aréola que nos permite separar a *H. undatus* de *H. ocamponis* e *H. purpusii*. La variable explicativa para el CP2 es la longitud de la espina, que separa a *H. ocamponis* de *H. purpusii*. Las espinas de *H. ocamponis* alcanzan una longitud de hasta 18.83 mm, mientras que el valor máximo de *H. purpusii* es de 5.16 mm.

2. Flores

El ACP (**fig. 9, II a**) con caracteres florales promediados separó cada especie como un grupo independiente. El primer componente principal (CP1) explica el 91.5 % de la variación morfológica, mientras el segundo componente principal (CP2) explica el 8.5 % (**cuadro 10**). Las variables más explicativas en el CP1 son el número de segmentos externos del perianto y el número de segmentos intermedios del perianto. Ambas permiten separar a *H. undatus* de *H. ocamponis* e *H. purpusii*. *Hylocereus undatus* presenta menor número de segmentos externos e internos. Las variables explicativas para el CP2 son el ancho de segmentos intermedios del perianto y la forma de los segmentos intermedios del perianto que separan a *H. purpusii* de *H. ocamponis*. El valor máximo de éstos caracteres es de 17.29 cm y 19.69 unidades en *H. ocamponis* y de 11.55 y 14.85 en *H. purpusii*. El AC (**fig. 9, II b**) muestra que *H. purpusii* e *H. ocamponis* forman un grupo morfológico similar entre sí e *H. undatus* es más distante.

3. Variación de flores y rasgos vegetativos en conjunto

El ACP y el AC (**fig. 9, III a**) con los caracteres vegetativos y florales en conjunto separa a *Hylocereus undatus*, *H. ocamponis* e *H. purpusii*. El primer componente principal (CP1) explica el 82.2 % de la variación morfológica y el segundo componente principal (CP2) explica el 17.8 % (**cuadro 10**). Las variables más explicativas para el CP1 son el número de espinas por tallo, número de segmentos externos del perianto y el número de espinas por aréola que nos permite separar a *H. undatus* de *H. ocamponis* e *H. purpusii*. La variable más explicativa para el CP2 es la

longitud de las espinas. El AC (**fig. 9, III b**) muestra que *H. purpusii* e *H. ocamponis* forman un grupo morfológico más similar e *H. undatus* es más distante.

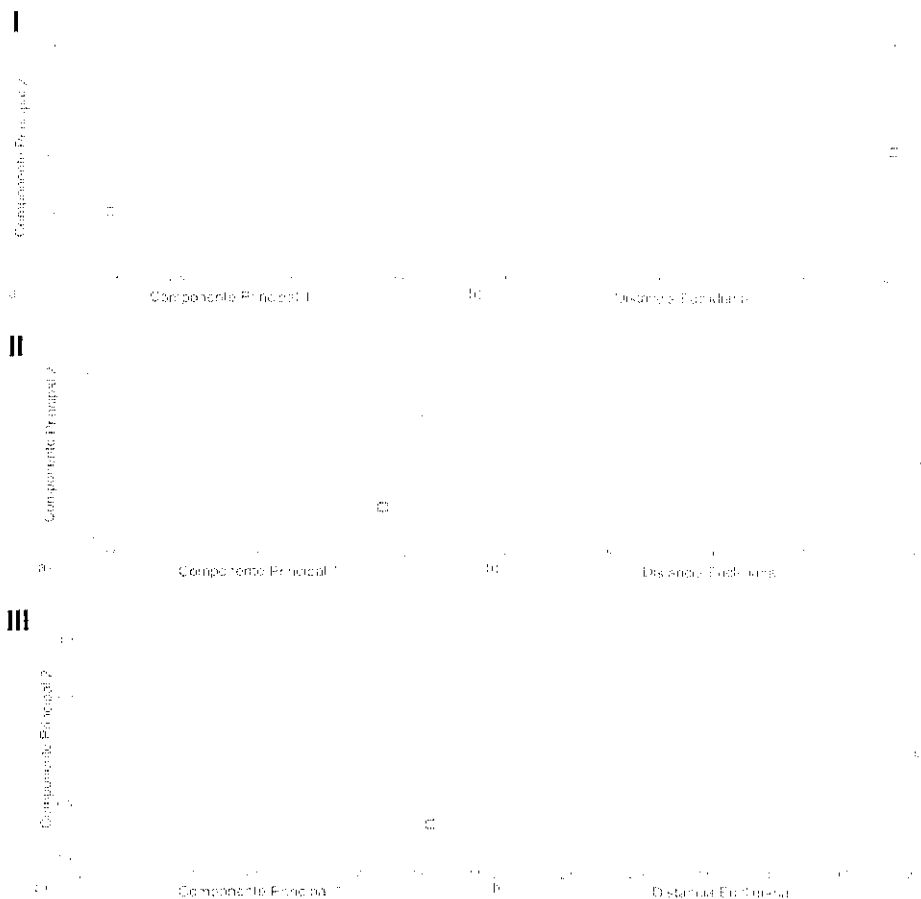


Fig. 9. Patrones de variación (a) y clasificación (b) de *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* en Jalisco con base en caracteres vegetativos I, en caracteres de la flor II, conjuntos III. Simbología: \square *H. ocamponis* $*$ *H. purpusii* \circ *H. undatus*

Cuadro 10.

Componentes Principales obtenidos con el análisis de caracteres vegetativos, caracteres de la flor y conjuntos a nivel de especies de *Hylocereus*. En negritas se resaltan las variables que contribuyen con mayor peso al CP1 y CP2.

| Variable | Vegetativo | | Flor | | Vegetativo y Flor | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|
| | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 | CP1 | CP2 |
| Altura de ondulación | 0.038 | 0.146 | | | -0.101 | -0.043 |
| Altura al vértice | -0.194 | 0.048 | | | 0.138 | -0.097 |
| Abertura del ángulo de ondulación | -0.063 | 0.022 | | | 0.047 | -0.042 |
| Distancia entre aréolas | -0.029 | -0.035 | | | 0.042 | 0.024 |
| Diámetro de las aréolas | -0.170 | 0.078 | | | 0.1 | -0.123 |
| Número de espinas por aréola | -0.383 | -0.288 | | | 0.405 | -0.01 |
| Pruinosidad | -0.204 | -0.122 | | | 0.229 | -0.008 |
| Longitud de las espinas | -0.599 | 0.740 | | | 0.21 | -0.841 |
| Número de espinas por tallo | -0.601 | -0.562 | | | 0.608 | 0.065 |
| Altura total de la costilla | -0.139 | 0.085 | | | 0.079 | -0.093 |
| Longitud de la flor | | | -0.052 | -0.161 | -0.022 | -0.077 |
| Número de los segmentos interiores del perianto | | | 0.017 | 0.055 | 0.007 | 0.026 |
| Longitud de los segmentos interiores del perianto | | | -0.022 | -0.075 | -0.009 | -0.035 |
| Ancho de los segmentos interiores del perianto | | | -0.082 | -0.257 | -0.034 | -0.123 |
| Forma de los segmentos interiores del perianto | | | 0.045 | 0.142 | 0.018 | 0.068 |
| Número de segmentos intermedios del perianto | | | -0.327 | -0.129 | -0.178 | -0.158 |
| Longitud de segmentos intermedios del perianto | | | -0.076 | -0.101 | -0.038 | -0.063 |
| Ancho de segmentos intermedios del perianto | | | -0.091 | -0.423 | -0.031 | -0.188 |
| Forma de segmentos intermedios del perianto | | | 0.023 | 0.329 | -0.003 | 0.13 |
| Número de segmentos externos del perianto | | | 0.794 | -0.293 | 0.462 | 0.159 |
| Longitud de segmentos externos del perianto | | | 0.119 | 0.103 | 0.062 | 0.078 |
| Ancho de segmentos externos del perianto | | | -0.146 | -0.214 | -0.072 | -0.129 |
| Forma de segmentos externos del perianto | | | 0.216 | 0.283 | 0.108 | 0.178 |
| Longitud de cámara nectaria | | | -0.011 | -0.228 | 0.004 | -0.088 |
| Ancho de cámara nectaria | | | 0.028 | -0.176 | 0.024 | -0.056 |
| Forma de cámara nectaria | | | -0.025 | -0.023 | -0.013 | -0.017 |
| Longitud de estambres | | | 0.103 | -0.217 | 0.069 | -0.046 |
| Longitud de ovario | | | 0.123 | 0.011 | 0.069 | 0.045 |
| Ancho de ovario | | | -0.009 | -0.071 | -0.002 | -0.029 |
| Forma de ovario | | | 0.092 | 0.081 | 0.048 | 0.061 |
| Longitud del estilo | | | 0.009 | -0.129 | 0.011 | -0.045 |
| Diámetro del estilo | | | -0.168 | 0.119 | -0.101 | -0.013 |
| Forma del estilo | | | 0.145 | -0.257 | 0.094 | -0.046 |
| Número de lóbulos de estigma | | | 0.007 | -0.187 | 0.013 | -0.067 |
| Longitud de lóbulos de estigma | | | -0.262 | -0.261 | -0.136 | -0.185 |

Descripción de las especies

Hylocereus ocamponis

Tallos triangulares, jóvenes de color verde claro, maduros glaucos, articulados. Costillas 3 o 4 con margen corneo. Aréolas distantes entre sí de 2.9 a 5.4 cm, situadas al principio de cada ondulación. Espinas 6 a 10 por aréola, de 5 a 19 mm de longitud, aciculares, delgadas, amarillentas o blanco-amarillentas. Flores de 29 a 42 cm de largo; con 22 a 34 segmentos intermedios del perianto, de 6 a 18 cm de longitud, de 0.8 a 1.7 cm de ancho y forma con valor de 5.6 a 19.6 unidades; con 19 a 32 segmentos interiores del perianto de 10.6 a 15.9 cm de longitud, de 1.9 a 4.8 cm de ancho y forma con valor de .42 a 5.88 unidades. Estilo grueso, lóbulos del estigma 13 a 41, verdes.

Hylocereus purpusii

Tallos triangulares, jóvenes de color verde claro, maduros glaucos, articulados. Costillas 3 o 4 con margen corneo. Aréolas distantes entre sí de 2.3 a 4.6 cm, situadas al principio de cada ondulación. Espinas 3 a 6 por aréola, de 1 a 6 mm de longitud, cónicas, oscuras. Flores de 30 a 32 cm de largo; con 16 a 27 segmentos intermedios del perianto, de 11.9 a 15.6 cm de longitud, 0.83 a 1.15 cm de ancho y forma con valor de 11.7 a 14.8 unidades; con 21 a 28 segmentos interiores del perianto de 10.9 a 14.6 cm de longitud, de 2.1 a 3.0 cm de ancho y forma con valor de 4.05 a 5.09 unidades. Estilo grueso, lóbulos del estigma 21 a 27, amarillentos.

Hylocereus undatus

Tallos triangulares, siempre verde amarillento, articulados. Costillas 3 o 4. con margen sinuado, con la edad algo córneo. Aréolas distantes entre sí 2.6 a 4.1 cm, situadas al principio de cada ondulacion. Espinas 1 a 3 por aréola, de 1 a 4 mm de longitud, cónicas, oscuras. Flores de 32 a 38 cm de largo; con 34 a 52 segmentos intermedios del perianto de 14 a 18 cm de longitud, de 1.2 a 1.5 cm de ancho y forma con valor de 10.52 a 12.64 unidades; con 21 a 28 segmentos interiores del perianto de 12.1 a 13.5 cm de longitud, de 2.3 a 3.5 cm de ancho y forma con valor de 3.32 a 5.42 unidades. Estilo grueso, lóbulos del estigma 22 a 29, crema.

Clave de identificación de las especies de *Hylocereus* en Jalisco

(Tomada y modificada de Bravo, 2007)

1.1 Plantas con pruinosis en los tallos adultos, entonces glaucos o azulosos, espinas 4 o más por aréola, desde 3 hasta 30 mm de longitud, segmentos externos del perianto numerosos, más de 50, segmentos intermedios del perianto menos de 302

1.2 Plantas sin pruinosis en los tallos adultos, verde amarillento, espinas 1 a 4 por aréola, menores a 4 mm de longitud, segmentos externos del perianto menos de 50, segmentos intermedios del perianto más de 30 (-50)
.....*Hylocereus undatus*

2.1 Espinas 6 a 10 por aréola, desde 6 hasta 30 mm de largo, aciculares, flores de 29 a 42 cm de largo con 22 a 34 segmentos intermedios del perianto, éstos de 6 a 18 cm de longitud y de 0.8 a 1.7 cm de ancho *Hylocereus ocamponis*

2.2 Espinas de 3 a 8 por aréola, de 1 hasta 5 mm de largo, cónicas, flores de 30 a 32 cm de largo con 16 a 27 segmentos intermedios del perianto, éstos de 11.9 a 15.6 cm de longitud y de 0.83 a 1.15 cm de ancho *Hylocereus purpusii*

DISCUSIÓN

Se corroboró la presencia de *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* en Jalisco. *Hylocereus* crece con más frecuencia en el bosque tropical caducifolio y en menor proporción en el bosque tropical subcaducifolio. Las poblaciones silvestres de *Hylocereus* no son muy numerosas ni fáciles de localizar, la mayoría cuenta con alrededor de 10 individuos. Las poblaciones cultivadas en traspatio o huertos de pitaya son más frecuentes. La densidad de individuos varía de uno a cuatro por sitio, son pocos los sitios donde los individuos son abundantes. La presencia de *H. triangularis* en Jalisco no se detectó en ninguna de las exploraciones de campo, ni mediante la revisión de herbarios. *Hylocereus ocamponis* se localizó entre los 600 y 1550 msnm, un poco por debajo de la altitud señalada por Cruz (2008), que encontró ésta especie entre los 680 y 1780 msnm en 19 localidades en Michoacán. *Hylocereus purpusii* crece entre los 20 y 1900 msnm, esto es comparable con lo reportado por Juárez (2004) para 14 localidades en Jalisco donde señala un intervalo desde los 300 a 1920 msnm mientras García (2007) indica altitudes menores, 31 a 1132 msnm, para tres sitios de Nayarit y uno más en Guerrero. Por último, *H. undatus* se localizó a partir de 1000 y hasta 1600 msnm, que se encuentra dentro del intervalo (820 a 2262 msnm) referido por García (2007).

En los cinco sitios de estudio fue posible observar a dos o tres especies de *Hylocereus* en simpatria. En la misma zona crecen en condiciones de cultivo o en áreas muy cercanas en las poblaciones silvestres. En éstos sitios, principalmente en los silvestres, fue muy marcada la diferencia entre el número de individuos. Cuando hay alta densidad de *H. ocamponis* la densidad de *H. purpusii* es baja ó viceversa, lo

que pudiera indicar que son especies simpátricas que compiten por el nicho ecológico.

Variación morfológica de *Hylocereus* en Jalisco

Mediante los análisis de dispersión y medidas de tendencia central se encontró que existe variación intra e interpecífica en *Hylocereus*. La altura de ondulación, la altura al vértice, el número de espinas por aréola, el número de espinas por tallo, la longitud de las espinas, la longitud y forma de los segmentos externos del perianto, el ancho y la forma de la cámara nectaria, el número de brácteas por fruto, el peso del fruto y el espesor de la cáscara exhiben la mayor variación. Por otro lado los caracteres con menor variación son: la presencia o ausencia de pruinosidad, la longitud de la flor, el número y longitud de los segmentos interiores del perianto, el número, longitud, ancho y forma de los segmentos intermedios del perianto, el número y el ancho de los segmentos externos del perianto, la longitud de la cámara nectaria, la longitud del ovario, la longitud y diámetro del estilo, el número y longitud de lóbulos del estigma y el pH del fruto (**cuadros 6, 7 y 8**).

Según el ACP los caracteres de mayor importancia para diferenciar entre individuos, poblaciones y especies de *Hylocereus* son: el número de espinas por aréola, la longitud de las espinas, el número de espinas por tallo (**cuadro 9 y 11**), el número de segmentos externos del perianto, el número de segmentos intermedios del perianto, el ancho y la forma de los segmentos intermedios del perianto (**Cuadro 9 y 11**). En estos caracteres los valores del coeficiente de variación (CV) son bajos (**Cuadro 6, 7 y 8**), lo que muestra su regularidad. La excepción se observa en el

número de espinas por aréola que presenta un CV relativamente bajo en *H. purpusii* e *H. ocamponis* pero alto en *H. undatus* (CV= 46.03). *Hylocereus undatus* presenta de 1 a 4 espinas por aréola, mientras que *H. ocamponis* presenta de 1 a 10 (-14) e *H. purpusii* de 1 a 8 (-14). La longitud y número de las espinas han sido referidos como caracteres importantes en la discriminación entre especies de *Hylocereus* (Bravo 1978), de caracterización morfológica y anatómica (Grimaldo 2001, García 2007) lo que concuerda con nuestros resultados. Atributos de la flor como el número de segmentos externos, el largo y la proporción entre largo y ancho (forma) de los segmentos interiores del perianto también contribuyen en la discriminación (**fig. 10**). Bravo (1978) y Anderson (2001) no utilizan estos caracteres para distinguir las especies. No obstante, las medidas y valores que presentan estos autores en sus descripciones, corrobora lo encontrado en este estudio.

Al contrastar los resultados de discriminación de especies con base a los caracteres vegetativos, de la flor y el conjunto de estos es posible apreciar que: *H. ocamponis* e *H. purpusii*, utilizando sólo los caracteres de la flor, se asocian entre sí a una distancia menor (de 0.7) que con *H. undatus* (1.7). Con los caracteres vegetativos, *H. ocamponis* e *H. purpusii* se agrupan a una distancia de 1.4 y se amalgaman con *H. undatus* a 2.4. Estas distancias se incrementan en baja proporción cuando se utilizan ambos caracteres para agrupar, *H. ocamponis* e *H. purpusii* (distancia de 1.5) e *H. undatus* (2.9) (**fig. 9**). Con base en lo anterior, se presume que el utilizar cualquier tipo de caracteres, vegetativos o reproductivos permite separar estas especies. La discriminación es más clara al utilizar caracteres vegetativos y de la flor en conjunto

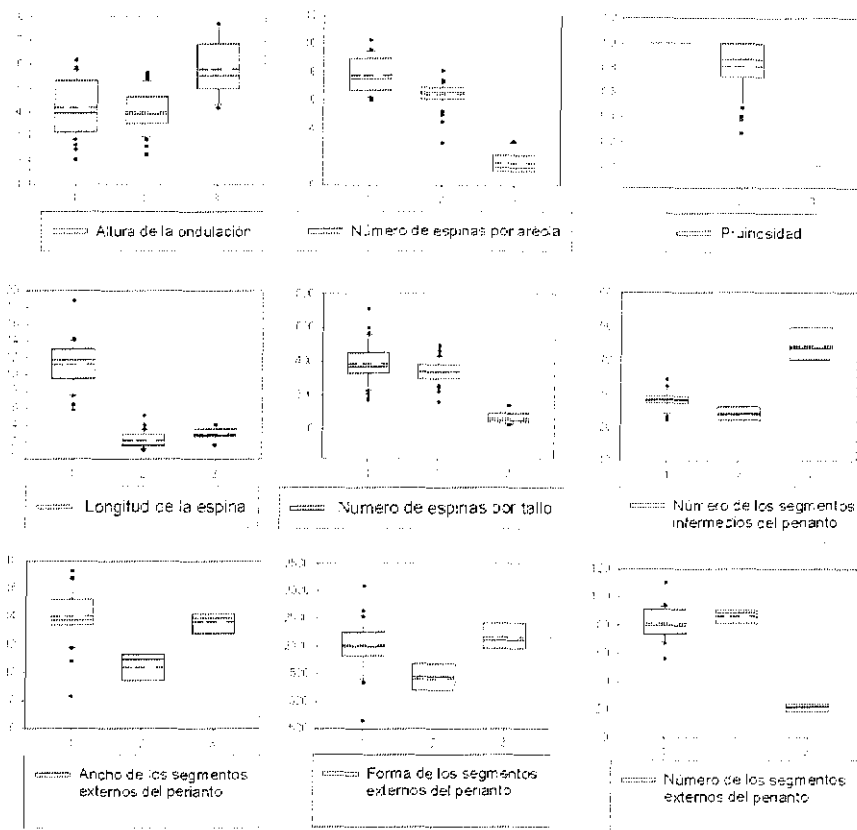


Fig. 10. Gráficos que muestran la dispersión de las variables discriminantes entre las especies de *Hylocereus*. Simbología: 1 = *H. ocamponis*, 2 = *H. purpusii* y 3 = *H. undatus*. La línea punteada representa la media y la línea continua a la mediana.

El ACP con caracteres del fruto mostró que el número y ancho de brácteas por fruto, el peso del fruto y el espesor de cáscara son importantes para explicar los patrones de variación. Esto concuerda con tres de los cinco caracteres señalados por Grimaldo (2001) para agrupar a *H. undatus* que menciona también la longitud y ancho del fruto. Lo anterior podría indicar una tendencia general de los caracteres de los frutos de *Hylocereus spp.* Esta podría ser confirmada al incrementar el número de frutos en un estudio futuro, debido a que en éste la representación de frutos de *H. ocamponis* fue baja y la de *H. undatus* nula, por lo que no es conveniente hacer generalizaciones. Por último, Cruz (2008) indicó que los frutos silvestres de *H. ocamponis* son de menor tamaño (250g) que los cultivados de *H. undatus* (365g).

Existen diferencias morfológicas entre los individuos silvestres y cultivados de la misma especie. Al parecer estas se deben al manejo agrícola y las condiciones ambientales. García (2007) confirma que encontró diferencias en variables de la anatomía caular de *Hylocereus* relacionadas con variables ambientales. Otras diferencias morfológicas resaltan al comparar los caracteres entre las poblaciones con diferente condición. En las poblaciones cultivadas los caracteres vegetativos, florales y de fruto presentan el mayor tamaño (**anexo 5, 6 y 7**). Estas diferencias también las reporta Grimaldo (2001) en *H. undatus*. En el fruto se observa más esta tendencia, razón por la cual en el ACP y el AC se mezclan los individuos cultivados de *H. ocamponis* e *H. purpusii* (**fig. 8**) y tienen mayor distancia con los silvestres de *H. purpusii*. Casas *et al.* (1999), Cruz y Casas (2002) y González y Casas (2004) muestran que la selección humana ha dado paso a cambios genéticos y morfológicos en los atributos de interés.

Los caracteres vegetativos y de fruto que resultaron informativos para la diferenciación de las especies coinciden con trabajos previos. Grimaldo (2001) en su caracterización de *H. undatus* encontró que seis caracteres vegetativos explican la mayor variación: la altura al vértice, abertura del ángulo, distancia entre aréolas, altura de ondulación, el número de espinas por aréola y la longitud de las espinas. Estos tres últimos, resultaron relevantes también para *H. undatus* en Jalisco. Por ejemplo, según García (2007) el diámetro de las aréolas en *H. ocamponis* es de 4 a 6 mm, en *H. purpusii* de 3 a 5 mm y en *H. undatus* de 3 mm. Estos valores se encuentran dentro del intervalo observado en los materiales de Jalisco. García (2007) señala que en *H. ocamponis* el número de espinas por aréola es menor a 18; Grimaldo (2001) refiere 5 a 8 y nosotros observamos de 1 a 8 (-14) para esta especie. Cruz (2008) reportó un promedio de espinas de 4.72 y en este estudio se observó un valor más alto de 7.79. Para *H. purpusii*. García (2007) señala menos de 7 espinas, en Jalisco se encontraron por lo general 6 (-14). Además, Ramírez (1999) indica un promedio menor (4.13) al promedio aquí presentado (6.42). Según Grimaldo (2001) *H. undatus* presenta de 1 a 4 espinas por aréola (por lo común 3), García (2007) reporta un número menor a 4 que coinciden con nuestras observaciones (de 1 a 3). Por otro lado, la longitud de las espinas observadas en este estudio para *H. ocamponis* (desde 5 hasta 30 mm) caen en el intervalo señalado por García (2007, 25 a 40 mm) y Grimaldo (2001, 5 a 12 mm) y el promedio de este rasgo (11.27 mm) es ligeramente mayor al referido por Cruz (2008, 10.56 mm). Para *H. purpusii* Ramírez (1999) indica un promedio (3.75 mm) mayor al que encontramos (2.2 mm). Para *H. undatus*. García (2007) señala una longitud de 1 a 3 y Grimaldo (2001) de 2 a 4 mm., un poco menor al encontrada para esta especie (1 a 6 mm) en

Jalisco. También el valor promedio encontrado (2.94 mm) es mayor al de Ramírez (1999, 2.64 mm) y Juárez (2004, 2.21 mm).

Los resultados concuerdan con lo descrito por Britton y Rose (1920), Anderson (2001), Guzmán *et al.* (2003), García (2007) y Cruz (2008). En todos se afirma que *Hylocereus undatus*, *H. purpusii* y *H. ocamponis* pertenecen a entidades taxonómicas distintas. En este trabajo las especies pueden ser discriminadas con base en el número de espinas por tallo, la longitud de las espinas, el número de espinas por aréola, el número de segmentos externos del perianto, el número de los segmentos intermedios del perianto, el ancho y la forma de segmentos intermedios del perianto. En contraste, éstos resultados difieren con lo descrito por Bauer (2003), Tel-Zur *et al.* (2004) y Hunt (2006) que sinonimiza a *H. purpusii* e *H. ocamponis*. No obstante, carecen de materiales representativos y suficientes como se lee en Bauer (2003) y en Tel-Zur *et al.* (2004) que tienen una colección escasa y con pocos individuos evaluados.

CONCLUSIONES

- *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* ocurren en Jalisco.
- *Hylocereus* crece con más frecuencia en el bosque tropical caducifolio y en menor proporción en el bosque tropical subcaducifolio.
- La presencia de *Hylocereus triangularis* en Jalisco no se detectó.
- Las poblaciones silvestres de *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* son difíciles de localizar, la mayoría de estas constan de 10 individuos. Mientras que, las poblaciones cultivadas son más frecuentes, la mayoría presenta cuatro individuos, es muy raro encontrar poblaciones cultivadas con individuos abundantes.
- *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* son aprovechadas por sus frutos y como ornamentales por la belleza de sus flores.
- *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* presentan variación intrapoblacional muy alta, esta se incrementa al comparar entre poblaciones silvestres y cultivadas.
- Los caracteres morfológicos que permiten diferenciar entre *Hylocereus ocamponis*, *H. purpusii* e *H. undatus* son: caracteres vegetativos y florales, como el número de espinas por aréola, la longitud de las espinas, el número de segmentos externos del perianto, número, ancho y forma de segmentos intermedios del perianto, la longitud y forma de segmentos interiores del perianto.

Estos atributos se presentan más grandes en *H. ocamponis* que en *H. purpusii* y aun más reducidos en *H. undatus*.

- En general *H. ocamponis* es una planta más robusta, con espinas más numerosas y más largas que *H. purpusii*. Además, presenta flores más largas con menor cantidad de segmentos interiores del perianto y más largos que los que ostenta *H. purpusii* (Anexo 8).
- Por su parte *H. undatus* se reconoce con facilidad por el color verde amarillento de los tallos, por el menor número de espinas de longitud corta. Por presentar numerosos segmentos externos del perianto (más de 50) y segmentos intermedios del perianto menor a 30 en número.

PERSPECTIVAS

Es necesario realizar estudios utilizando marcadores moleculares con el fin de generar perfiles moleculares o huellas genéticas específicas de cada especie de *Hylocereus*. Estos permitirán reconocerlas. Asimismo, permitirán además analizar los patrones de agrupación de individuos, poblaciones y especies de *Hylocereus* y comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo con marcadores morfológicos. También es preciso, comprobar que especies ocurren en México, por lo que se requiere hacer exploraciones de campo, particularmente al sureste de México. Deberá prepararse especímenes para enriquecer los herbarios y los jardines botánicos nacionales con ejemplares representativos.

LITERATURA CITADA

- Anderson, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press. Portland, Oregon. p. 776.
- Bauer, R. 2003. A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. (Cactaceae). Systematics Initiatives 17: 1-63.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. 2da. Edición, Vol. I. Universidad Autónoma de México, México D. F. p. 446-456.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1920. The Cactaceae. V.2 The Carnegie Institution of Washington. Washington. p.. 185-194.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1963. The Cactaceae, description and illustration of plants of the cactus family. Vol.1. Dover Publications, Inc. New York. p. 236.
- Cálix de Dios, H. 2004. Distribución geográfica de las pitahayas (*Hylocereus*) en la República Mexicana. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 49:4-21.
- Casas, A, J. Caballero, A. Valiente, J. A. Soriano, y P. Dávila. 1999. Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stelatus* (Cactaceae) in central Mexico. American Journal of Botany 86: 522-533.
- Castillo Martínez, R. y H. Cálix de Dios. 1997. Las pitahayas. Un recurso subaprovechado. Ciencia y Desarrollo 23: 52-57.
- Castillo Martínez, R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. Caos Conciencia 1: 13-18.

Castro Castro, A., A. Rodríguez Contreras, G. Vargas Amado y R. Ramírez Delgadillo 2010. Variación morfológica del género *Prochnyanthes* (Agavaceae). Acta Botánica Mexicana 92: 29-49.

Clarke, K. R., and Gorley, R. N. 2006. PRIMER v6: USers Manual/Tutorial PRIMER-E: Plymouth, England. p. 189.

Cohen, H. y N. Tel-Zur. 2011. Morphological changes and self-incompatibility breakdown associated with autopolyploidization in *Hylocereus* species (Cactaceae). French Associates Institute for Agriculture and Biotechnology of Drylands, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research (BIDR), Ben-Gurion University of the Negev (BGU), Sede-Boker, 84990 Sede-Boker, Israel.

Cruz M. y A. Casas. 2002. Morphological variation and reproductive Biology of *Polaskia chende* (Cactaceae) under domestication in Central Mexico. Journal of Arid Environments 51: 561-576.

Cruz Izquierdo, V. 2008. La pitahaya roja (*Hylocereus ocamponis* Slam-Dick) en el estado de Michoacán. Tesis Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. p. 61.

Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. p. 89.

García Aguilar, M. A. 2007. Anatomía y morfología de las especies silvestres del género *Hylocereus* (Berger) Britton y Rose (Cactaceae) en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Texcoco. p. 58.

Grimaldo Juárez, O. 2001. Caracterización citológica y morfológica de 21 genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. p. 82.

González Soberanis, C. y A. Casas. 2004. Traditional management and domestication of tempesquistle, *Sideroxylon palmeri* (Sapotaceae) in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 59 (2004) 245-258.

Guzmán U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México D. F. p. 315.

Hunt, D. 2006. The new cactus lexicon. Dh book. England. p. 141.

Juárez Sandoval, I. 2004. Caracterización de la pitahaya roja de Jalisco (*Hylocereus purpusii*). Tesis de Licenciatura. Universidad autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. p. 67.

Le Bellec, F. Vaillant, F. y E. Imbert. 2006. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits* 61: 237-250

Legaría, J. P, M. E. Alvarado-Cano y R. Gaspar-Hernández. 2005. Diversidad genética en pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haworth). Britton y Rose]. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (3): 179-185.

Legendre, P. & Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. Second English Edition Elsevier.Science BV, Amsterdam. p. 853.

Maldonado Poot, L. 2000. Caracterización y clasificación fenotípica de pitahaya blanca [*Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose] del estado de Yucatán. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Mérida, Yucatán. p. 119.

Morrone, J. J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. M. y T. Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa 3: 1-148.

Ramírez Delgadillo, R., O. Vargas Ponce, H.J. Arreola Nava, M. Cedano Maldonado, R. González Tamayo, L.M. González Villarreal, M. Harker, L. Hernández López, R. E. Martínez González, J. A. Pérez de la Rosa, A. Rodríguez Contreras, J.J. Reynoso Dueñas, L. M. Villarreal de Puga y J. L. Villaseñor Ríos. 2010. Catálogo de plantas vasculares de Jalisco. Universidad de Guadalajara, Sociedad Botánica de México y Universidad Autónoma Metropolitana. Prometeo editores. Guadalajara, Jalisco. p. 143. ISBN 978-607-8019-25-0.

Ramírez Mireles, F. J. 1999. Caracterización y compatibilidad en pitahaya *Hylocereus* sp. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. p. 108.

Rzedowski, J. y R. McVaug H. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. Contributions from the University of Michigan Herbarium 9: 1-123.

Tel-Zur, N. S. Abbo, D. Bar-Ziv, y Y. Mizrahi. 2004. Genetic Relationships among *Hylocereus* and *Selenicereus* Vine Cacti (Cactaceae): Evidence for Hybridization and Cytological Studies. *Annals of Botany* 94: 527–534.

Toledo, V. M. y M. J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad en México: una revisión de los hábitats terrestres. Pp. 739-757. En *Diversidad Biológica de México*, T. P. Ramamoorthy R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Vargas Ponce, O., D. Zizumbo-Villarreal y P. Colunga-GarcíaMarín. 2007. Diversity and in situ maintenance of landraces used to agave spirits in West-Central Mexico. *Economic Botany* 61: 352-365.

Anexo 1. Lista taxonómica de especies de *Hylocereus*. Simbología. C.= *Cereus*, Ca.= *Cactus*, H.= *Hylocereus*, M.= *Mediocactus*, S.= *Selenicereus*, W.= *Wilmattia*.

- ✓ Aceptada por el autor
- Considerada sinónimo

| N ú m. | Nombres | Britton y Rose (1909,1920) | Backeberg (1976) | Bravo (1978) | Anderson (2001) | Bauer (2003) | Hunt (2006) |
|--------------|--|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|
| 1 | <i>H. antiquensis</i> Britton & Rose 1920 | ✓ | ✓ | | | | |
| 2 | <i>H. broxensis</i> Britton & Rose 1920 | ✓ | ✓ | | | | |
| 3 | <i>H. calcaratus</i> (Web.) Britton & Rose 1909 = <i>C. calcaratus</i> Weber 1902 | ➤ | ✓ | | | | |
| 4 | <i>H. costaricensis</i> (Web.) Britton & Rose 1909 = <i>C. trigonus</i> var. <i>costaricensis</i> Weber 1902 = <i>C. costaricensis</i> = <i>H. cubensis</i> | ➤ | | | ➤ | ➤ | ➤ |
| 5 | <i>H. cubensis</i> Britton & Rose 1920 | ✓ | ✓ | | | | |
| 6 | <i>H. escuintlensis</i> Kimnach 1984 | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | <i>H. estebanensis</i> Backeberg 1957 | | ✓ | | ✓ | | |
| 8 | <i>H. extensus</i> (Salm-Dyck) DC. 1915 = <i>C. extensus</i> Salm-Dyck ex De Candolle 1828 = <i>S. extensus</i> (DC.) Leuenb. 2001 = <i>M. extensus</i> (Salm-Dyck ex DC.) Doweld 2002 | ➤ | ✓ | | | ➤ | ➤ |
| 9 | <i>H. guatemalensis</i> (Eichlam) Britton & Rose 1920 = <i>C. trigonus</i> var. <i>guatemalensis</i> Eichlam 1911 = <i>C. guatemalensis</i> (Eichlam) A. Berger 1929 = <i>H. lemairei</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 = <i>C. lemairei</i> Hooker in Curtis 1854 | ➤ | ✓ | | ➤ | ➤ | ➤ |
| 10 | <i>H. lemairei</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 = <i>C. lemairei</i> Hooker in Curtis's 1854 = <i>C. trinitatis</i> Lemaire & Herment 1859 = <i>H. trinitatis</i> (Lemaire & Herment) A. Berger 1929 = <i>H. venezuelensis</i> Britton & Rose 1920 = <i>W. venezuelensis</i> (Britton & Rose) Croizat 1972 | ➤ | ✓ | | ➤ | ➤ | ➤ |
| 11 | <i>H. megalanthus</i> (Vaupel) Bauer 2003 = <i>C. megalanthus</i> Vaup 1913 = <i>M. megalanthus</i> (K. Schumann ex Ule) Britton & Rose 1920 = <i>S. megalanthus</i> (Vaup) Moran 1953 = <i>H. microcladus</i> Backeberg 1942 | | | | | ➤ | ➤ |
| 12 | <i>H. microcladus</i> Backeberg 1942 | | ✓ | | ✓ | | |
| 13 | <i>H. minutiflorus</i> Britton & Rose 1913 = <i>C. minutiflorus</i> (Britton & Rose) Vaupel 1913 = <i>W. minutiflora</i> (Britton & Rose) Britton & Rose 1920 | | | | ➤ | ➤ | ➤ |
| 14 | <i>H. monacanthus</i> (Lem.) Britton & Rose 1920 = <i>C. monacanthus</i> Lemaire 1845 = <i>C. scandens</i> Salm-Dyck 1850 = <i>C. lemairei</i> Hooker in Curtis's 1854 = <i>H. lemairei</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 | ➤ | ✓ | | ➤ | ➤ | ➤ |

Anexo 2. Lista taxonómica de especies de *Hylocereus* y referencia de su distribución.

Simbología. C.= *Cereus*, Ca.= *Cactus*, H.= *Hylocereus*, M.= *Mediocactus*, S.= *Selenicereus*, W.= *Wilmattea*

| Núm. | Nombres | Área de Distribución | México |
|------|---|--|--|
| 1 | <i>H. antiguensis</i> Britton & Rose 1920 | Antillas Holandesas, Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica, Puerto Rico, islas Vírgenes, Antillas menores. | |
| 2 | <i>H. broxensis</i> Britton & Rose 1920 | Desconocida | |
| 3 | <i>H. calcaratus</i> (Web.) Britton & Rose 1909 | Costa Rica, cerca de la Costa Atlántica. | México, sin precisar Bravo (1978), Cálix de Dios (2004) |
| | = <i>C. calcaratus</i> Weber 1902 | | |
| 4 | <i>H. costaricensis</i> (Web.) Britton & Rose 1909 | Costa Rica, Nicaragua y Panamá. | |
| | = <i>C. trigonus</i> var. <i>costaricensis</i> Weber 1902 | | |
| | = <i>C. costaricensis</i> | | |
| | = <i>H. cubensis</i> | | |
| 5 | <i>H. cubensis</i> Britton & Rose 1920 | Cuba | |
| 6 | <i>Hylocereus escuintlensis</i> Kilmach 1984 | Guatemala, México (Chiapas). | Chiapas Cálix de Dios (2004), Hunt (2006) |
| 7 | <i>H. estebanensis</i> Backeberg 1957 | Venezuela | |
| 8 | <i>H. extensus</i> (Salm-Dyck) DC. 1915 | Guyana francesa, Guyana, Surinam, Trinidad. | |
| | = <i>C. extensus</i> Salm-Dyck ex De Candolle 1828 | | |
| | = <i>S. extensus</i> (DC.) Leuenb. 2001 | | |
| | = <i>M. extensus</i> (Salm-Dyck ex DC.) Doweld 2002 | | |
| 9 | <i>H. guatemalensis</i> (Eichlam) Britton & Rose 1920 | Este de Guatemala, El Salvador, México (Chiapas). | Chiapas Bravo (1978), Cálix de Dios (2004) |
| | = <i>C. trigonus</i> var. <i>guatemalensis</i> Eichlam 1911 | | |
| | = <i>C. guatemalensis</i> (Eichlam) A. Berger 1929 | | |
| | = <i>H. lemairi</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 | | |
| | = <i>C. lemairi</i> . Hooker in Curtis 1854 | | |
| 10 | <i>H. lemairi</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 | Puerto Rico, Trinidad, Tobago, Guyana Francesa, Surinam, Islas Vírgenes, Antillas Menores y Venezuela | |
| | = <i>C. lemairi</i> Hooker in Curtis's 1854 | | |
| | = <i>C. trinitatis</i> Lemaire & Herment 1859 | | |
| | = <i>H. trinitatis</i> (Lemaire & Herment) A. Berger 1929 | | |
| | = <i>H. venezuelensis</i> Britton & Rose 1920 | | |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | = <i>W. venezuelensis</i> (Britton & Rose) Croizat 1972 | | |
| 11 | <i>H. megalanthus</i> (Vaupel) Bauer 2003 = <i>C. megalanthus</i> Vaup 1913 = <i>M. megalanthus</i> (K. Schumann ex Ule) Britton & Rose 1920 = <i>S. megalanthus</i> (Vaup) Moran 1953 = <i>H. microcladus</i> Backeberg 1942 | Colombia y Perú. | |
| 12 | <i>H. microcladus</i> Backeberg 1942 | Colombia al norte de Perú. | |
| 13 | <i>H. minutiflorus</i> Britton & Rose 1913 = <i>C. minutiflorus</i> (Britton & Rose) Vaupel 1913 = <i>W. minutiflora</i> (Britton & Rose) Britton & Rose 1920 | Belice, Guatemala, Honduras. | Chiapas Guzmán <i>et al.</i> (2003) |
| 14 | <i>H. monacanthus</i> (Lem.) Britton & Rose 1920 = <i>C. monacanthus</i> Lemaire 1845 = <i>C. scandens</i> Salm-Dyck 1850 = <i>C. lemairei</i> Hooker in Curtis's 1854 = <i>H. lemairei</i> (W.J. Hooker) Britton & Rose 1909 = <i>C. trinitatis</i> Lemaire & Herment 1859 = <i>H. trinitatis</i> (Lemaire & Herment) Berger 1929 = <i>C. polyrhizus</i> Weber in Schumann 1897 = <i>H. polyrhizus</i> (Web.) Britton & Rose 1920 = <i>H. venezuelensis</i> Britton & Rose 1920 = <i>H. peruvianus</i> Backeberg 1937 = <i>H. estebanensis</i> Backeberg 1957 = <i>H. napoleonis</i> (Graham) Britton & Rose 1909 = <i>C. napoleonis</i> Graham in Curtis's 1836 | Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guyana, Nicaragua, Panamá, Perú, Surinam, Venezuela, Trinidad y Tobago. | |
| 15 | <i>H. napoleonis</i> (Graham) Britton & Rose 1909 = <i>C. napoleonis</i> Graham in Curtis's 1836 | Antillas Holandesas, Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica, Puerto Rico, islas Virgenes, Antillas menores. | Bravo (1978) |
| 16 | <i>H. ocamponis</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose 1909 = <i>C. ocamponis</i> Salm-Dyck 1850 = <i>H. purpusii</i> (Weingart) Britton & Rose 1920 = <i>H. broxensis</i> Britton & Rose 1920 = <i>H. peruvianus</i> Backeberg 1937 = <i>H. plumieri</i> (Rol.-Goss.) Lourteig 1991 = <i>H. polyrhizus</i> (Web.) Britton & Rose 1920 = <i>C. polyrhizus</i> Weber in Schumann 1897 = <i>C. purpusii</i> = <i>H. scandens</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose 1959 = <i>C. scandens</i> Salm-Dyck 1850 | Oeste de México. | Gro, Jal, Edo. Mex, Mich, Mor, Nay, Sin Bravo (1978), Cáliz de Dios (2004) |

| | | | |
|----|---|--|---|
| | = <i>H. schomburgkii</i> Backeberg 1959 | | |
| | = <i>C. schomburgkii</i> Otto ex K. Schumann 1897 | | |
| 17 | <i>H. peruvianus</i> Backeberg 1937 | Perú | |
| 18 | <i>H. polyrhizus</i> (Web.) Britton & Rose 1920 | Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. | |
| | = <i>C. polyrhizus</i> Weber in Schumann 1897 | | |
| 19 | <i>H. purpusii</i> (Weingart) Britton & Rose 1920 | Oeste de México | Col, Chis, Dgo, Gro, Jal, Edo, Mex, Mich, Nay, Oax, Pue, Qro, SLP, Sin, Ver Bravo (1978), Cáliz de Dios (2004) |
| | = <i>C. purpusii</i> Weingart 1909 | | |
| 20 | <i>H. scandens</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose 1959 | Guyana y Surinam. | |
| | = <i>C. scandens</i> | | |
| 21 | <i>H. schomburgkii</i> Backeberg 1959 | Guyana | |
| | = <i>C. schomburgkii</i> Otto ex K. Schumann 1897 | | |
| 22 | <i>H. setaceus</i> (DC.) Bauer 2003 | Norte de Argentina, Éste de Bolivia, Brasil, Paraguay | |
| | = <i>C. setaceus</i> DC. 1828 | | |
| | = <i>S. setaceus</i> (DC.) Werd 1933 | | |
| | = <i>M. setaceus</i> (Salm-Dyck ex DC.) Wedermann 1951 | | |
| | = <i>C. lindbergianus</i> F.A.C. Weber ex K. Schumann 1897 | | |
| | = <i>C. lindmanii</i> F.A.C. Weber ex K. Schumann 1897 | | |
| | = <i>M. lindmanii</i> (F.A.C. Weber ex K. Schumann) Backeberg 1959 | | |
| | = <i>C. hassleri</i> K. Schumann 1900 | | |
| | = <i>M. hassleri</i> (K. Schumann) Backeberg 1959 | | |
| | = <i>S. rizzinii</i> Scheinvar 1974 | | |
| 23 | <i>H. stenopterus</i> (Roland Gosselin) Britton & Rose 1909 | Costa Rica y Panamá. | Oaxaca Bravo (1978), Cáliz de Dios (2004) |
| | = <i>C. stenopterus</i> Weber 1902 | | |
| 24 | <i>H. triangularis</i> (L) Britton & Rose 1909 | Antillas Holandesas, Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica, Puerto Rico, islas Vírgenes, Antillas menores. | Gro, Jal, Edo, Mex, Mich, Mor, Nay, Sin Cáliz de Dios (2004) |
| | = <i>Ca. triangularis</i> Linnaeus 1753 | | |
| | = <i>C. compressus</i> Miller 1768 | | |
| | = <i>C. triangularis</i> (Linnaeus) Haworth 1812 | | |
| | = <i>H. cubensis</i> Britton & Rose 1920 | | |
| 25 | <i>H. tricae</i> (Hunt) Bauer 2003 | Belize | Chiapas. (Hunt 2006) |
| | = <i>S. tricae</i> Hunt 1989 | | |
| | = <i>M. tricae</i> (D. Hunt) Doweld 2002 | | |
| | = <i>H. trigonus</i> (Haw.) Saff. 1909 | | |
| | = <i>C. trigonus</i> Haworth 1812 | | |
| 26 | <i>H. trigonus</i> (Haw.) Saff. 1909 | Puerto Rico, Islas Virgenes y Antillas | Yucatán Cáliz de Dios (2004) |

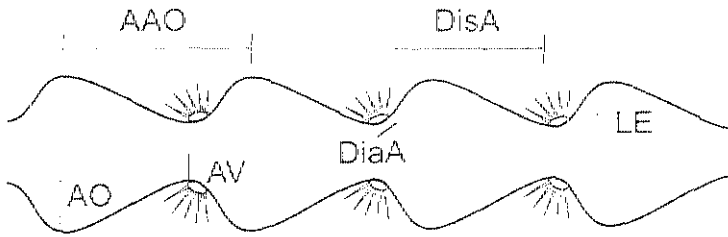
| | |
|----|---|
| | = <i>C. trigonus</i> Haworth 1812 |
| | = <i>C. napoleonis</i> Graham 1836 |
| | = <i>H. napoleonis</i> (Graham) Britton & Rose 1909 |
| | = <i>C. plumeri</i> Gosselin 1907 |
| | = <i>H. plumeri</i> (Gosselin) Lourteig 1991 |
| | = <i>H. antiguensis</i> Britton & Rose 1920 |
| | = <i>Ca. triangularis foliaceus</i> Jacquin 1763 ? |
| | = <i>C. venditus</i> Paulsen 1918 |
| 27 | <i>H. trinitatis</i> (Lemaire & Herment) Berger 1929 |
| 28 | <i>H. undatus</i> (Haw.) Britton & Rose 1918 |

| | |
|----|---|
| | = <i>C. triangularis aphyllus</i> Jacquin 1763 |
| | = <i>C. triangularis major</i> De Candolle 1828 |
| | = <i>C. undatus</i> Haworth 1830 |
| | = <i>C. tricostatus</i> Gosselin 1907 |
| | = <i>H. tricostatus</i> Britton & Rose 1909 |
| | = <i>H. trinitatis</i> (Lemaire & Herment) Berger 1929 |
| | = <i>C. trigonus guatemalensis</i> Eichlam 1911 |
| | = <i>H. guatemalensis</i> (Eichlam) Britton & Rose 1920 |
| | = <i>H. venezuelensis</i> Britton & Rose 1920 |
| 29 | <i>H. venezuelensis</i> Britton & Rose 1920 |

| |
|---|
| Menores. |
| Trinidad |
| Origen incierto. Se distribuye en América tropical y sureste de Asia. Ampliamente cultivada |
| Venezuela al norte de Perú. |

Anexo 3.

A) Descripción de las características vegetativas utilizadas para evaluar la variación morfológica del género *Hylocereus*.



Altura de ondulación (AO).

Se midió la distancia desde la punta de la cresta hasta la base de la misma.

Altura al vértice (AV).

Se midió la distancia desde la nervadura central hasta la base del ángulo.

Abertura del ángulo de ondulación (AAO).

Se midió la distancia entre las puntas de las crestas.

Distancia entre aréolas (DisA).

Se midió la distancia entre las aréolas

Número de espinas por aréola (EA).

Se contó el número de espinas en una aréola.

Pruinosidad (P).

Se registró la presencia o ausencia de deposiciones de ceras.

Longitud de las espinas (LE).

Se midió la distancia desde la base de la espina hasta la punta.

Número de espinas por tallo (NET).

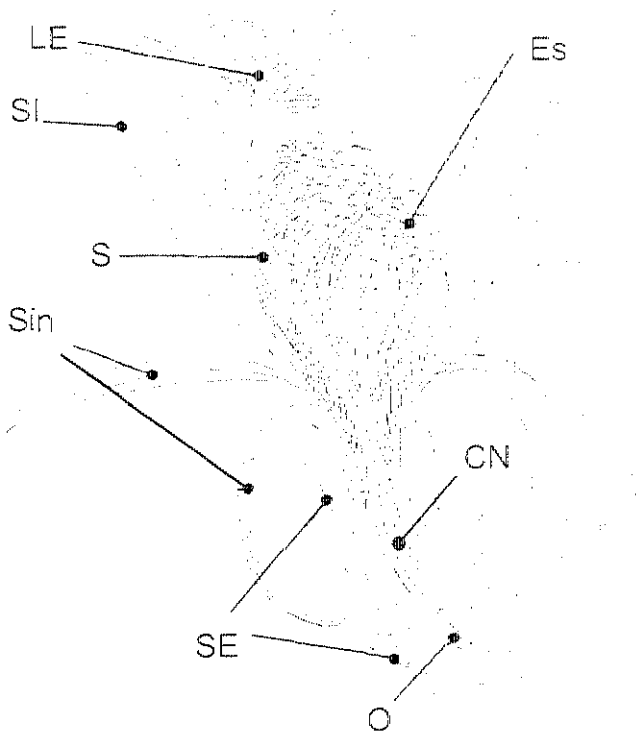
Este carácter resultó de multiplicar el número de areolas (NA) por el número de espinas por aréola (EA).

Altura total de la costilla

Este carácter resultó de sumar la altura de ondulación (AO) más la altura al vértice (AV).

Continuación Anexo 3.

B) Descripción de las características de la flor utilizadas para evaluar la variación morfológica del género *Hylocereus*. (Tomado y modificado de Ramírez 1999)



Longitud de la flor (LF).

Se midió la distancia desde la base hasta la punta de la flor.

Número de los segmentos interiores del perianto (NSI).

Se contó el número de los segmentos interiores del perianto.

Longitud de los segmentos interiores del perianto (LSI).

Se midió la distancia desde la base del segmento hasta la punta.

Ancho de los segmentos interiores del perianto (ASI).

Se midió la distancia del segmento de un extremo a otro.

Forma de los segmentos interiores del perianto (FSI).

Este carácter resultó de dividir el largo entre el ancho del segmento.

Número de los segmentos intermedios del perianto (NSIn).

Se contó el número de los segmentos interiores del perianto.

Longitud de los segmentos intermedios del perianto (LSIn).

Se midió la distancia desde la base del segmento hasta la punta.

Ancho de los segmentos intermedios del perianto (ASIn).

Se midió la distancia del segmento de un extremo a otro.

Forma de los segmentos interiores del perianto (FSIn).

Este caracter resultó de dividir el largo entre el ancho del segmento.

Número de los segmentos exteriores del perianto (NSE).

Se contó el número de los segmentos interiores del perianto.

Longitud de los segmentos exteriores del perianto (LSE).

Se midió la distancia desde la base del segmento hasta la punta.

Ancho de los segmentos exteriores del perianto (ASE).

Se midió la distancia del segmento de un extremo a otro.

Forma de los segmentos interiores del perianto (FSE).

Este caracter resultó de dividir el largo entre el ancho del segmento.

Longitud de la cámara nectaria (LCN).

Se midió la distancia desde la base de la cámara nectaria hasta la punta.

Ancho de la cámara nectaria (ACN).

Se midió la distancia de la cámara nectaria de un extremo a otro.

Forma de la cámara nectaria (ACN).

Este caracter resultó de dividir el largo entre el ancho de la cámara nectaria.

Longitud del estambre (LEs).

Se midió la distancia desde la base del estambre hasta la punta.

Longitud del ovario (LO).

Se midió la distancia desde la base del ovario hasta la punta.

Ancho del ovario (Aov).

Se midió la distancia del ovario de un extremo a otro

Forma del ovario (FO).

Este caracter resultó de dividir el largo entre el ancho del ovario.

Longitud del estilo (LS).

Se midió la distancia desde la base de la espina hasta la punta.

Diametro del estilo (DS).

Se midió la distancia del grosor del estilo de un extremo a otro

Forma de la del estilo (FS).

Este caracter resultó de dividir el largo entre el ancho del estilo.

Número de lóbulos del estigma (NLE).

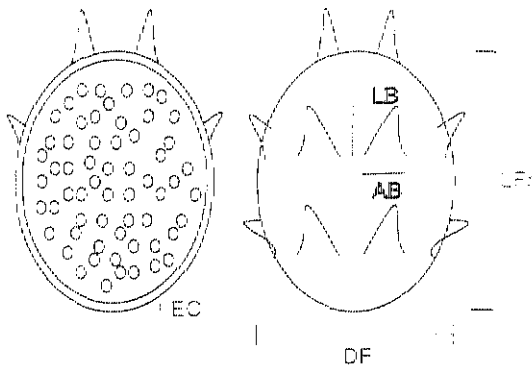
Se contó el número de lóbulos del estigma.

Longitud de los lóbulos del estigma (LLE).

Se midió la distancia desde la base de los lóbulos del estigma hasta la punta.

Continuación Anexo 3.

C). Descripción de las características del fruto utilizadas para evaluar la variación morfológica del género *Hylocereus*.



Longitud del fruto (LFr).

Se midió la distancia desde la base del fruto hasta la punta.

Diametro del fruto (DF).

Se midió la distancia del fruto de un extremo a otro.

Número de brácteas por fruto (NB).

Se contó el número de brácteas por fruto.

Longitud de brácteas (LB).

Se midió la distancia desde la base de la bráctea hasta la punta.

Ancho de de brácteas (AB).

Se midió la distancia de la bráctea de un extremo a otro.

Peso del fruto (PF).

Este caracter se obtuvo pesando el fruto en una báscula electrónica.

Espesor de la cáscara (EC).

Se midió el grosor de la cascara.

Valores Brix (GB)

Este caracter se obtuvo al evaluar una gota del jugo del fruto en un refractómetro.

pH (pH)

Este caracter se obtuvo al evaluar el jugo del fruto en un medidor de pH electrónico.

Indice de redondez (IR)

Este caracter resultó de multiplicar el largo por el ancho del ovario

Anexo 4. Listado de exsiccatas de *Hylocereus* de Jalisco examinados.

Las especies son citadas en orden alfabético, por condición, seguido por el autor, estado, municipio, localidad, nombre del colector, número de colecta (en cursivas) y entre paréntesis las siglas del herbario en que se encuentra depositado el ejemplar de referencia: (IBUG) Herbario Luz María Villarreal de Puga, Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México; (MEXU) Herbario Nacional de México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.; (ENCB) Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.; (ZEA) Herbario del Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. El asterisco (*) indica que el testigo de la colecta se cultivó en el Jardín Botánico del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara. En tres colecciones revisadas no se encontraron ejemplares de *Hylocereus* de Jalisco, a mencionar: (CHAPA) Herbario de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. México; (CICY) Herbario del Departamento de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán; (CIIDIR-OAX) Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, Oaxaca y (XAL) Herbario del Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz.

***Hylocereus ocamponis* (Salm-Dyck) Britton y Rose**

SILVESTRES. AUTLÁN: Aserradero Tecopatlán, 19 km al S de El Chante *Rzedowski y McVaugh 1302* (ENCB); La Cidrita, El Chante *Cuevas s.n.* (ZEA); CUAUTITLÁN DE GARCÍA BARRAGÁN: Brecha Cuautitlán-Ayotitlán, *Ramírez et al. 874* (IBUG); S de Rincón de Manantlán, *Judziewicz 5089* (WIS); EJUTLA: San Lorenzo, *Corona 17* (IBUG); PIHUAMO: 3 Km al Este de Pihuamo, camino al rancho el Frijol, *Soltero 560* (IBUG); Orillas del pueblo de Pihuamo, *Arreola s.n.* (IBUG); TECOLOTLÁN: Rancho el Saucillo, Puerta Pesada, *García 1578A* (IBUG); Tamazulita, *La Ciénega, Corona 12* (IBUG); TOLIMÁN: Brecha San Pedro Toxin, *Arreola 1177* (IBUG); EL LIMÓN: El Limón Pueblo, *Santana 1449* (IBUG, ENCB). **CULTIVADOS.** ATOYAC: Poblado de San Juan, *García1607** (IBUG); AUTLÁN: Poblado de Ahuacapán, *Arreola et al. 119* (IBUG); Cerca del Corcobado, carretera Guadalajara-Autlán 12 km antes de llegar a Autlán, *Puga s.n.* (IBUG); SAYULA: Potrero La Huizachera, *García 1581* (IBUG); TENAMAXTLÁN: Pueblo, *Arreola y Soltero 124* (IBUG). **CONDICION SILVESTRE/CULTIVADO DESCONOCIDA.** AUTLAN: Las Paredes, *Hernández s.n.* (IBUG); EL LIMÓN: Ejido el Regalito, *Durán s.n.* (IBUG).

***Hylocereus purpusii* (Weingart) Britton y Rose**

SILVESTRES. ATOYAC: Isla Grande, Laguna de Sayula, *Arreola et al. 1368* (IBUG); Poblado San Juan, *García 1598* (IBUG); AUTLÁN: Cuautitlán-Ayotitlán, base sur de la Sierra de Manantlán, *Guzmán 7010* (IBUG); El Salto, 2-3 km al SE del poblado de Tequesquitlán, *Guzmán et al. 28* (IBUG); SE de Ahuacapán, *Guzmán 927a* (ZEA); EJUTLA: San Lorenzo, *Corona 20* (IBUG); Tamazulita, La Cienega, *Corona 8* (IBUG); HOSTOTIPAQUILLO: Puente Barranquitas, por la ribera del río, *Guzmán y Flores 83* (IBUG); IXTLAHUACÁN DE LOS MEMBRILLOS: Barranca Húmeda de Santa Rosa, *Puga y Carvajal 9784* (MEXU); LA HUERTA: Brecha al rancho Cuixmala a 2km del entronque con la carretera Barra de Navidad-Pto. Vallarta, *Arreola et al. 157* (IBUG); PUERTO VALLARTA: 2 km al W del poblado de Las Palmas, *Arreola et al. 160* (IBUG, ENCB); TUXCACUESCO: Zenzontla, *Cuevas 3693* (ZEA), **CULTIVADOS.** AMACUECA: Poblado San Juanito, *García 1590* (IBUG); AUTLÁN: El Corcovado, antes de llegar a Autlán, km 139 carretera Guadalajara-Barra de Navidad, *Arreola et al. 539* (IBUG); SAYULA: Potrero La Huizachera, *García 1584* (IBUG). **CONDICION SILVESTRE/CULTIVADO DESCONOCIDA.** PUERTO VALLARTA; *Gold s.n.* (MEXU).

***Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose**

SILVESTRES. ATOYAC: Isla Grande. Laguna de Sayula, *Arreola et al. 1369* (IBUG); Laguna de Sayula, Isla Grande parte alta, *Villegas y Macías 494* (IBUG); TAMAZULA DE GORDIANO: Tamazula *López s.n.* (MEXU). **CULTIVADOS.** GUADALAJARA, Hacienda de Portillo, Barranca de Huentitán, *Acevedo et al. 1671* (IBUG); Huerto familiar, casa particular, *Portillo s.n.* (IBUG); Huerto familiar, casa particular, *Suarez s.n.* (IBUG); Huerto familiar, casa particular, *Beiza s.n.* (IBUG); TENAMAXTLÁN: Rancho Miraplanes, *Arreola y Soltero 127* (IBUG); La Cofradía de los Coyotes, 2km al S. De Tenamaxtlán, *Arreola y Soltero 126* (IBUG); ZACOALCO DE TORRES: Huerto familiar de la Sra. Refugio Castillo, población de Zacoalco, *Arreola et al. 1453* (IBUG); ZAPÓPAN: Casa situada en Av. C y calle 3, colonia Seattle, *Cházaro y Hernández-P. 7719a* (IBUG); NEXTIPAC: Las Agujas, Cultivado en el Jardín Botánico del Instituto de Botánica (IBUG), Universidad de Guadalajara, *Arreola s.n.* (IBUG). **CONDICION SILVESTRE/CULTIVADO DESCONOCIDA.** TAPALPA: Camino a la Casa Blanca, *Rodríguez s.n.* (IBUG).

Anexo 5. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica entre los individuos de las poblaciones de *Hylocereus ocamponis*. Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los subrayados son los que presentan un menor CV.

***Hylocereus ocamponis* de Sayula (HOS)**

| Variables | X | DS | CV (%) | V. Mín | V. Máx |
|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Altura de ondulación | <u>5.43</u> | <u>0.50</u> | <u>9.23</u> | <u>4.44</u> | <u>6.17</u> |
| Altura al vértice | <u>24.66</u> | <u>1.31</u> | <u>5.31</u> | <u>21.31</u> | <u>27.04</u> |
| Abertura del ángulo de ondulación | <u>41.53</u> | <u>3.08</u> | <u>7.42</u> | <u>34.83</u> | <u>46.82</u> |
| Distancia entre aréolas | <u>37.64</u> | <u>3.00</u> | <u>7.97</u> | <u>31.16</u> | <u>42.60</u> |
| Diámetro de las aréolas | <u>4.74</u> | <u>0.28</u> | <u>5.96</u> | <u>4.16</u> | <u>5.16</u> |
| Número de espinas por aréola | <u>7.10</u> | <u>0.61</u> | <u>8.53</u> | <u>6.27</u> | <u>8.53</u> |
| Pruinosidad | <u>1.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| Longitud de las espinas | <u>13.40</u> | <u>0.64</u> | <u>4.80</u> | <u>12.23</u> | <u>14.25</u> |
| Número de espinas por tallo | 418.22 | 64.79 | 15.49 | 323.53 | 560.67 |
| Altura total de la costilla | <u>30.08</u> | <u>1.53</u> | <u>5.08</u> | <u>25.80</u> | <u>32.15</u> |

***H. ocamponis* de Tecolotlán (HOT)**

| | | | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Altura de ondulación | 3.57 | 0.51 | 14.34 | 2.86 | 4.34 |
| Altura al vértice | 17.89 | 2.08 | 11.61 | 14.91 | 22.92 |
| Abertura del ángulo de ondulación | <u>38.35</u> | <u>2.86</u> | <u>7.47</u> | <u>34.38</u> | <u>43.36</u> |
| Distancia entre aréolas | <u>34.27</u> | <u>3.08</u> | <u>8.98</u> | <u>29.81</u> | <u>39.03</u> |
| Diámetro de las aréolas | <u>4.31</u> | <u>0.39</u> | <u>8.98</u> | <u>3.61</u> | <u>4.82</u> |
| Número de espinas por aréola | <u>9.12</u> | <u>0.69</u> | <u>7.52</u> | <u>7.87</u> | <u>10.29</u> |
| Pruinosidad | <u>1.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| Longitud de las espinas | 11.61 | 2.27 | 19.57 | 9.32 | 18.83 |
| Número de espinas por tallo | 443.80 | 119.72 | 26.98 | 328.38 | 711.88 |
| Altura total de la costilla | 21.47 | 2.38 | 11.06 | 18.35 | 27.13 |

***H. ocamponis* de Ejutla (HOE)**

| | | | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Altura de ondulación | 3.44 | 0.89 | 25.93 | 2.04 | 5.10 |
| Altura al vértice | 20.90 | 3.96 | 18.95 | 15.57 | 26.27 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 45.25 | 7.05 | 15.57 | 36.60 | 58.45 |
| Distancia entre aréolas | 40.96 | 7.55 | 18.43 | 31.01 | 54.66 |
| Diámetro de las aréolas | 3.67 | 0.57 | 15.39 | 2.81 | 4.72 |
| Número de espinas por aréola | 7.19 | 1.04 | 14.41 | 6.00 | 9.47 |
| Pruinosidad | <u>1.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| Longitud de las espinas | 8.66 | 1.94 | 22.38 | 5.85 | 13.19 |
| Número de espinas por tallo | 300.80 | 101.95 | 33.89 | 170.40 | 568.67 |
| Altura total de la costilla | 24.34 | 3.97 | 16.32 | 19.30 | 31.23 |

Anexo 6. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica entre los individuos de *las poblaciones de Hylocereus purpusii*. Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los subrayados son los que presentan un menor CV.

***H. purpusii* de Sayula (HPS)**

| Variabes | X | DS | CV (%) | V. Mín | V. Máx |
|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Altura de ondulación | 4.68 | 0.69 | 14.69 | 3.70 | 5.67 |
| Altura al vértice | 20.53 | 2.42 | 11.79 | 15.80 | 23.56 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 41.70 | 4.21 | 10.10 | 34.16 | 49.29 |
| <u>Distancia entre aréolas</u> | <u>41.41</u> | <u>3.37</u> | <u>8.14</u> | <u>34.34</u> | <u>46.11</u> |
| <u>Diámetro de las aréolas</u> | <u>3.78</u> | <u>0.29</u> | <u>7.69</u> | <u>3.32</u> | <u>4.22</u> |
| Número de espinas por aréola | 6.64 | 0.83 | 12.55 | 4.50 | 7.47 |
| <u>Pruinosidad</u> | <u>1.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| <u>Longitud de las espinas</u> | <u>3.06</u> | <u>0.19</u> | <u>6.32</u> | <u>2.80</u> | <u>3.31</u> |
| Número de espinas por tallo | 354.62 | 61.10 | 17.23 | 254.60 | 475.13 |
| Altura total de la costilla | 25.20 | 2.91 | 11.56 | 19.50 | 29.18 |

***H. purpusii* de Amacueca (HPJ)**

| | | | | | |
|--|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Altura de ondulación | 4.15 | 0.76 | 18.28 | 3.08 | 5.54 |
| Altura al vértice | 15.68 | 1.95 | 12.45 | 13.26 | 20.13 |
| <u>Abertura del ángulo de ondulación</u> | <u>39.66</u> | <u>3.15</u> | <u>7.94</u> | <u>34.34</u> | <u>45.08</u> |
| <u>Distancia entre aréolas</u> | <u>39.60</u> | <u>2.90</u> | <u>7.32</u> | <u>34.84</u> | <u>43.10</u> |
| Diámetro de las aréolas | 2.97 | 0.37 | 12.56 | 2.41 | 3.78 |
| Número de espinas por aréola | 6.14 | 0.62 | 10.10 | 5.00 | 6.87 |
| Pruinosidad | 0.75 | 0.15 | 20.54 | 0.38 | 1.00 |
| Longitud de las espinas | 1.99 | 1.13 | 56.77 | 1.00 | 5.16 |
| Número de espinas por tallo | 323.46 | 60.47 | 18.69 | 218.60 | 461.00 |
| Altura total de la costilla | 19.83 | 2.48 | 12.51 | 16.49 | 24.84 |

***H. purpusii* de Atoyac (HPA)**

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Altura de ondulación | 3.43 | 0.63 | 18.26 | 2.25 | 4.25 |
| Altura al vértice | 16.39 | 2.25 | 13.72 | 13.31 | 20.65 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 34.48 | 5.36 | 15.54 | 21.85 | 44.03 |
| Distancia entre aréolas | 34.89 | 5.13 | 14.71 | 23.32 | 45.91 |
| <u>Diámetro de las aréolas</u> | <u>3.01</u> | <u>0.23</u> | <u>7.76</u> | <u>2.71</u> | <u>3.65</u> |
| Número de espinas por aréola | 6.55 | 1.15 | 17.53 | 3.00 | 8.13 |
| Pruinosidad | 0.73 | 0.22 | 29.69 | 0.27 | 1.00 |
| Longitud de las espinas | 1.78 | 0.75 | 42.08 | 1.16 | 4.05 |
| Número de espinas por tallo | 344.12 | 81.69 | 23.74 | 160.50 | 495.07 |
| Altura total de la costilla | 19.83 | 2.15 | 10.85 | 16.87 | 24.29 |

Anexo7. Análisis de tendencia central en las características utilizadas para evaluar la variación morfológica entre los individuos de *Hylocereus undatus* de Jalisco (HUJ). Los caracteres marcados con **negritas** representan un CV mayor y los subrayados son los que presentan un menor CV.

| Variables | X | DS | CV (%) | V. Min | V. Máx |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Altura de ondulación | 5.83 | 1.09 | 18.68 | 4.20 | 7.69 |
| Altura al vértice | 12.83 | 3.63 | 28.29 | 8.48 | 18.48 |
| Abertura del ángulo de ondulación | 35.19 | 4.82 | 13.69 | 29.42 | 43.42 |
| Distancia entre aréolas | 33.58 | 5.07 | 15.09 | 26.59 | 41.40 |
| Diámetro de las aréolas | 2.61 | 0.43 | 16.45 | 2.03 | 3.45 |
| Número de espinas por aréola | 1.59 | 0.73 | 46.03 | 1.00 | 3.14 |
| <u>Pruinosidad</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> | <u>0.00</u> |
| Longitud de las espinas | 2.94 | 0.72 | 24.62 | 1.61 | 4.06 |
| Número de espinas por tallo | 64.06 | 36.44 | 56.88 | 25.09 | 135.29 |
| Altura total de la costilla | 18.66 | 3.78 | 20.26 | 13.80 | 24.58 |

Anexo 8. Fotografías de *Hylocereus* de Jalisco



Tallos de *Hylocereus ocamponis*, *H. undatus* e *H. purpusii*, de derecha a izquierda.



Fruto de *Hylocereus ocamponis*



Fruto de *Hylocereus purpusii*



Vista frontal de la flor de *Hylocereus ocamponis*



Vista lateral de flor de *Hylocereus ocamponis*



Vista frontal de flor de *Hylocereus purpusii*



Vista lateral de flor de *Hylocereus purpusii*