



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DE LA DOMESTICACIÓN SOBRE
CARACTERES MORFOLÓGICOS DE SEIS
VARIETADES DE PITAYA (*Stenocereus
queretaroensis*) EN TECHALUTA DE
MONTENEGRO, JALISCO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

BERNAL GONZÁLEZ YOANNA ALEXIS



DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOHNATTAN HERNÁNDEZ COMPLIDO
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Que nadie pretenda llamarse a engaño. No estudiamos con el propósito de acumular conocimientos estáticos sin contenido humano. Nuestra causa como estudiantes es la del conocimiento militante; el conocimiento crítico, que impugna, contradice, controvierte, refuta y transforma, revoluciona la realidad social, política, cultural, científica.

***No se engañen las clases dominantes:
¡Somos una revolución! Ésta es nuestra bandera”.***

José Revueltas, 1968.

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano, quien inspira cada instante de mi existencia; a mi madre, por estar incondicionalmente para mí, por ser el más grande ejemplo de fortaleza y lealtad. Y a mi padre, que muy a su manera, me ha enseñado tanto sobre la vida.

A la familia Mendoza Agüero, que me ha consentido en todo momento y me ha dado la confianza de entrar a su hogar. Alonso, gracias por crecer a mi lado. Soledad, gracias por ser un ángel conmigo.

A mis amigxs, por todos los buenos momentos que hemos compartido. A las mujeres de mi vida, que me han dado el ejemplo y el valor de cuestionarme e intentar ser mejor humana. Las admiro mucho.

A mi familia, que tanta diversidad de pensamientos, creencias y gustos me han transmitido.

A mis amigos Techalutos, que me han hecho sentir como en casa cada vez que los visito, que comparten sus valiosos conocimientos conmigo y tienen siempre la disposición para ayudar. Don José, Nuvia y Alcadio Alcantar, Don Benjamín y Alicia Trill gracias por tratarme con tanto cariño y por toda su ayuda en campo.

A mi asesor Dr. Johnattan H.C. que ha tenido tanta paciencia conmigo y siempre ha querido sacar lo mejor de mí. Erick, Bruno y Aída que me acompañaron al campo, y vivieron esos momentos tan mágicos conmigo. A mis amigxs del laboratorio de agroecología, siempre llevaré sus recomendaciones asiáticas en mi corazón, son un gran equipo, me han hecho todo más llevadero. A todos los docentes del taller de “Ecología terrestre y manejo de recursos bióticos” por tanta retroalimentación. Al Dr. Zenón y el M. en C. Iván Castellanos por el préstamo de su equipo y material.

A Miguel Rodríguez Gironés y Michel Maldonado, en verdad espero tener la oportunidad de hacer por alguien lo que ustedes han hecho por mí.

A mis sinodales, que amablemente me dieron sus valiosas observaciones.

A PAPIIT, por el apoyo económico: basado en el proyecto IN206422: Relación de la domesticación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) con niveles tróficos superiores, otorgado al Dr. Johnattan Hernández Cumplido.

Gracias a todos por compartir parte de sus vidas conmigo y formar parte de todo este proceso. Por tantas enseñanzas, por tantas risas y hasta lágrimas. Gracias por apoyarme, ayudarme y creer en mí. Por guiarme cuando me siento perdida y por darme aliento cuando más lo necesito. Sobre todo, gracias por su cariño incondicional. Su amor llena mi corazón e ilumina mi vida. ¡Los amo mucho!

ÍNDICE

I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCIÓN	7
<i>Domesticación de plantas: selección artificial y los sistemas de manejo</i>	7
<i>Efectos genéticos y síndromes de domesticación</i>	9
<i>Efectos Ecológicos asociados a Síndromes de Domesticación</i>	10
<i>Importancia del estudio de la domesticación</i>	12
<i>Principales sesgos metodológicos en estudios sobre domesticación de plantas</i>	12
III. ANTECEDENTES	13
<i>Stenocereus spp. como modelo de estudio de domesticación</i>	14
<i>Domesticación y manejo de Stenocereus queretaroensis</i>	15
IV. JUSTIFICACIÓN	15
V. OBJETIVOS	16
<i>Objetivo General</i>	16
<i>Objetivos particulares</i>	17
VI. HIPÓTESIS	17
VII. MÉTODO	18
<i>Zona de estudio</i>	18
<i>Especie de estudio</i>	19
<i>Diseño observacional</i>	21
<i>Análisis estadísticos</i>	24
VIII. RESULTADOS	25
<i>Órgano blanco y otros órganos con valor de uso</i>	25
<i>Criterios selectivos de los agricultores</i>	26
<i>Varietal preferida por los agricultores</i>	27
<i>Manejo y propagación de los cultivos</i>	28
<i>Diferencias morfológicas entre variedades</i>	33
<i>Correlaciones entre órganos</i>	41
<i>Variabilidad de los caracteres</i>	43
IX. DISCUSIÓN	47

<i>Preferencias y caracteres de importancia</i>	47
<i>Preferencia sobre la variedad y su relación con la morfología del fruto</i>	49
<i>Síndromes de domesticación</i>	50
<i>Domesticación y su efecto en la defensa de las plantas</i>	54
<i>Correlaciones entre órganos y su relación con la hipótesis de compensación de recursos</i>	55
<i>Grados de domesticación y divergencias intra-variedad</i>	57
<i>Dirección de domesticación y manejo del cultivo</i>	58
X. CONCLUSIÓN	59
XI. REFERENCIAS	61
XII. ANEXOS	67

Bernal-González, Y. A. (2022). Efecto de la domesticación sobre caracteres morfológicos de seis variedades de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) en Techaluta de Montenegro, Jalisco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 69 pp.

I. RESUMEN

La domesticación de las plantas promueve divergencias morfofisiológicas, genéticas e incluso ecológicas (ej. herbivoría), de las variedades cultivadas con respecto a sus ancestros silvestres. La pitaya, *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum, representa un buen modelo de estudio al encontrarse dentro de su centro de domesticación, ser perenne, tener importancia económica local y ser una de las pocas cactáceas domesticadas. El objetivo de este estudio fue: conocer los criterios selectivos que emplean los agricultores y evaluar la divergencia morfológica en distintas variedades de la pitaya considerando rasgos asociados a la defensa. La metodología se realizó durante la época reproductiva de la planta (abril- mayo 2019), en Techaluta de Montenegro, Jalisco. Las variedades muestreadas fueron: Silvestre, Amarilla, Roja, Tenamaxtle, Blanca, Morada y Mamey (N=210). El diseño experimental constó de entrevistas a productores y medición de caracteres morfológicos y fisiológicos. Las entrevistas indicaron que los caracteres seleccionados más importantes son: dulzura, mayor tamaño y fácil manejo (corte/remoción de espinas) de los frutos; características que, según los agricultores, reúne Mamey, variedad de mayor valor económico y mayor extensión del cultivo en el municipio. Sin embargo, los análisis estadísticos morfológicos muestran que Mamey no posee los frutos más grandes ni dulces. Además, es la variedad que sufre mayor herbivoría, y presenta otras características

desventajosas. Esto indica que la preferencia por Mamey responde a intereses económicos, más que a rasgos asociados con la “calidad” y que existe una correspondencia con la hipótesis de domesticación-reducción de defensas, pues la variedad de mayor manejo es la más atacada por herbívoros.

Palabras clave: domesticación, selección artificial, síndromes de domesticación, domesticación-reducción de defensas, manejo tradicional de cultivos.

II. INTRODUCCIÓN

La domesticación es un proceso complejo que se percibe en la diversidad biológica y cultural (Boege, 2008; Gross *et al.*, 2014), donde el humano manipula los organismos al aprovechar los recursos (Gepts y Papa, 2002; Whitehead & Poveda, 2019). Hecho que ha permitido el asentamiento de grandes civilizaciones y la evolución de las sociedades como las conocemos (Gepts y Papa, 2002).

Domesticación de plantas: selección artificial y los sistemas de manejo

La domesticación es un proceso a través del cual el humano modifica la genética poblacional de la especie en cuestión, al seleccionar, por muchas generaciones, plantas con características atractivas para su uso (Casas *et al.*, 2007; Gepts, 2010). Esta selección actúa directamente sobre rasgos fenotípicos que posee algún o algunos órganos de la planta (tallo, hoja, flor, fruto, semilla e incluso raíces), denominado “órgano blanco”; o indirectamente sobre órganos que no son de interés, pero que son modificados por efecto colateral de la selección directa, llamado “órgano no blanco” (Gepts, 2010).

La selección artificial, al igual que la selección natural, es un mecanismo que da dirección a la evolución de los cultivos y lleva a diferenciar notoriamente las características que poseen las variedades cultivadas (como la dulzura, tamaño, color, fragancia, sabor, por mencionar algunos) con respecto a sus ancestros silvestres (Meyer *et al.* 2012; Gepts, 2010; Chen *et al.*, 2017). Sin embargo, en la selección natural, el ambiente y la aptitud del organismo determinan si este pasa a la siguiente generación o se extingue. Caso contrario de la selección artificial, donde la preferencia sobre ciertas características no determina estrictamente la supervivencia de los organismos, más bien que esto se logra a través de los sistemas de manejo empleados (construcción humana de nichos) (Jardón-Borbolla, 2015; Casas *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2017).

En Mesoamérica (**Fig. 1**), por ejemplo, las prácticas de manejo tradicional se encuentran dirigidas a “promover” el crecimiento de algunas especies o variedades, con el fin de asegurar o aumentar la disponibilidad de fenotipos con características deseables para las personas de la localidad, sin desplazar o relegar a los parientes silvestres. Permitiendo el continuo flujo de genes (Blancas *et al.*, 2013) y con ello la consolidación de reservorios bioculturales compuestos de variedades con diferentes grados de domesticación en un mismo sitio (Casas *et al.*, 2007; Blancas *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2017). A diferencia de un manejo industrial (manejo intensivo), donde los parientes silvestres y otras variedades o *landraces* son eliminadas y sustituidas por monocultivos, imposibilitando el flujo génico y haciendo más evidentes las divergencias genéticas-fenotípicas de las variedades domesticadas (variedades con alto grado de domesticación). Acto que compromete la supervivencia de los organismos cultivados al cuidado humano y,

en muchos casos, las lleva a perder la capacidad de sobrevivir fuera de las condiciones controladas del campo de cultivo, un claro ejemplo de esto es el maíz (*Zea mays*) (Chen *et al.*, 2017).

Los centros de origen de domesticación son sitios geográficos con características físicas y biológicas propicias para el establecimiento de cultivos. Se hipotetiza que en estos lugares surgió la domesticación a partir de plantas silvestres, las cuales diversificaron hasta adquirir su distribución actual

Uno de estos centros es Mesoamérica, región que abarca desde el centro de México hasta centro américa y se calcula que de las 25,000 especies vegetales existentes aproximadamente 200 especies han sido o son sujetas a procesos de domesticación

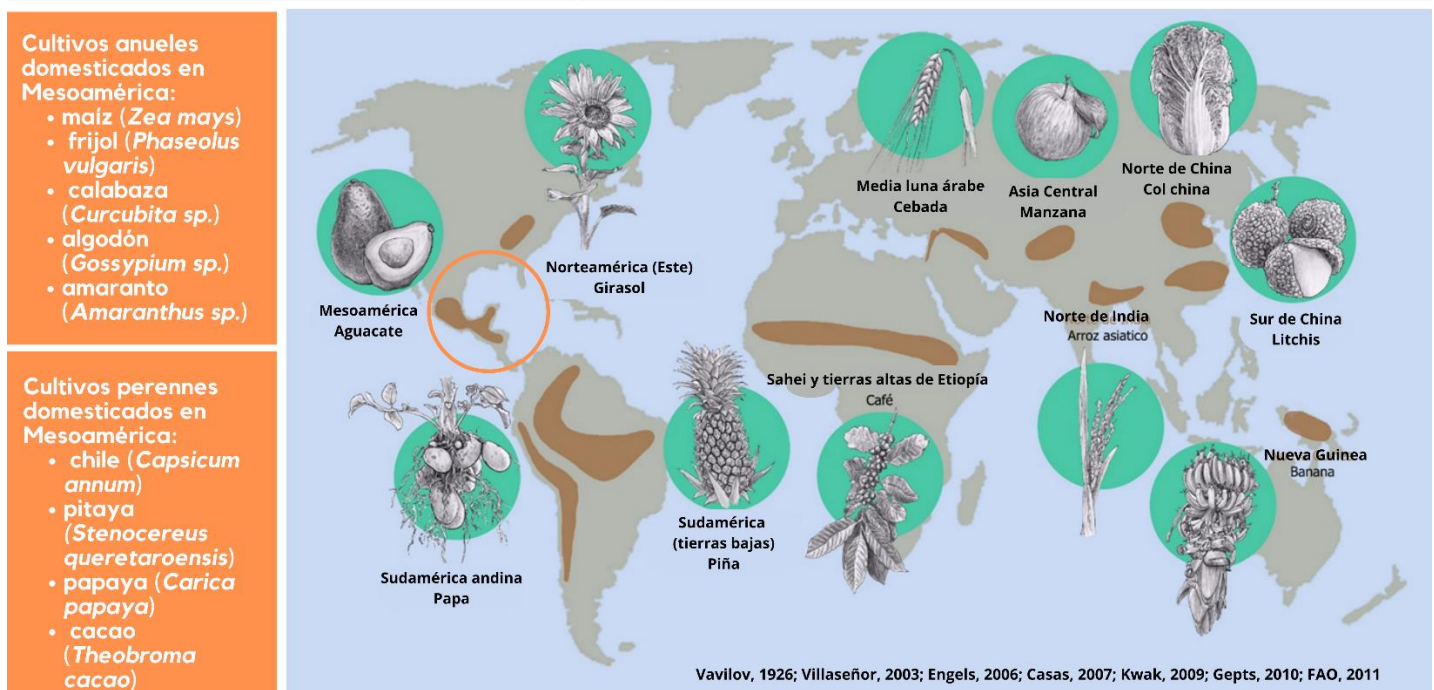


Figura 1. Centros de origen de domesticación con sus principales ejemplos y algunos cultivos de Mesoamérica.

Efectos genéticos y síndromes de domesticación

Los cambios genéticos en los cultivos domesticados son imprescindibles para que el humano pueda dirigir la selección sobre la pérdida o fijación de características morfológicas, fisiológicas y químicas (Anaya, 2001; Gross *et al.* 2014). Respecto a estos cambios se han identificado patrones de divergencia genética y fenotípica

que hacen diferir a las variedades domesticadas con respecto a sus parientes silvestres, denominados “síndromes de domesticación” (Meyer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2017). Los rasgos más comunes dentro de los síndromes de domesticación son: el gigantismo en flores, frutos, semillas y raíz; disminución en la ramificación y reducción de tricomas en los tallos; cambios en la biomasa de la planta o los frutos; pérdida de dormancia de la semilla; sincronización en los ciclos de reproducción (cosecha); disminución o aumento en la tasa de germinación; cambios en la forma, peso y color en semillas, frutos y flores; pérdida de la dureza de los tejidos vegetales; disminución en la producción de metabolitos secundarios como terpenos y flavonoides; diferenciación en uniformidad fenológica y desproporcionalidad en los sexo (Meyer *et al.* 2012; Chen *et al.*, 2017).

Cabe mencionar que otros procesos biológicos como las mutaciones y la demografía de las especies, por ejemplo, se encuentran involucrados durante el proceso de domesticación. Provocando que cada cultivo tenga una historia evolutiva única y compleja, que solo es posible abordar mediante estudios interdisciplinarios (historia, genética, paleontología, etc.) (Koinange *et al.*, 1996; Gepts, 2010; Casas *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2017).

Efectos Ecológicos asociados a Síndromes de Domesticación

Los cambios asociados a la domesticación no recaen únicamente sobre la especie domesticada. Múltiples estudios han reportado efectos colaterales, derivados de los síndromes de domesticación, los cuales inciden sobre la diversidad, abundancia e interacciones de especies asociadas a los cultivos (Anaya, 2001; Che *et al.*, 2017).

Comunmente este cambio en el ensamblaje de especies promueve la pérdida de taxones de gran importancia ecológica, como polinizadores, y propicia el aumento de especies fitófagas (Chacón-Fuentes *et al.*, 2016; Leyva, 2022). Siendo esta última la de mayor interés, debido a las pérdidas económicas que representa para los agricultores (Che *et al.*, 2017).

Actualmente sabemos que los atributos de las plantas domesticadas han formado parte de una coevolución estrecha con sus enemigos naturales, en una interacción depredador-presa, que incluso ha llegado a involucrar interacciones tritróficas (Chen y Welter, 2003; Che *et al.*, 2017). Síndromes de domesticación como: el gigantismo, el aumento de nutrientes y una reducción de metabolitos secundarios, han disminuido la capacidad de las plantas para hacer frente a sus predadores, hecho que se relaciona al aumento poblacional de plagas y a la diversificación y diferencias en la cantidad de compuestos aleloquímicos que usan las plantas durante esta interacción depredador- presa, por mencionar algunos. (Benrey *et al.*, 1998; Che *et al.*, 2017; Moreira *et al.*, 2018; Hernández-Cumplido *et al.*, 2021).

No obstante, Chen y colaboradores (2017) señalan que la relación domesticación- susceptibilidad a enemigos naturales no presenta un patrón consistente en todos los cultivos y que los síndromes de domesticación, junto con otros factores que actúan al mismo tiempo, pueden resultar en interacciones específicas que resulten positivas o negativas para las plantas y sus enemigos naturales (Che *et al.*, 2017; Hernández-Cumplido *et al.*, 2018; 2021).

Importancia del estudio de la domesticación

Las profundas alteraciones que provoca la domesticación en los organismos domesticados, las especies asociadas a estas y el medio ambiente (Benrey *et al.* 1998; Thuillet *et al.*, 2005; Gols *et al.*, 2008; Gross *et al.*, 2014). Aunado al escenario económico actual donde el capitalismo neoliberal presiona y propicia la sobreexplotación de los recursos naturales y humanos (el campo y el trabajo), en pro de la acumulación de riquezas, es necesario producir ciencia y tecnologías que permitan, en conjunto con los conocimientos empíricos que poseen los agricultores, implementar un fitomejoramiento participativo que promueva la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, una tecnificación que afronte problemáticas de degradación de ecosistemas y pérdida de recursos (Hocdé, 2006; Boege, 2008; Rodríguez-Saona *et al.*, 2011; Meyer, 2012; FAO, 2018) y políticas públicas que permitan proteger la biodiversidad y su vez salvaguarde el bienestar de las comunidades agrícolas (Boege, 2008; FAO, 2018).

Principales sesgos metodológicos en estudios sobre domesticación de plantas

Si bien, las líneas de investigación multidisciplinarias que estudian la domesticación han permitido tener mayor entendimiento sobre los mecanismos biológicos involucrados en este proceso (Casas *et al.*, 2017), aún existen importantes limitantes o sesgos metodológicos. El primero es que la mayoría de los estudios se han realizado fuera de los centros de origen y diversificación de los cultivos, por lo que se basan sólo en comparaciones entre plantas silvestres y domesticadas, dejando fuera todo el gradiente de domesticación que incluye variedades criollas o “landraces”. Y por esta misma razón, la mayoría de los

estudios sobre herbivoría se llevan a cabo en condiciones de laboratorio. En segundo lugar, los estudios se basan principalmente en aquellas especies de gran importancia económica que suelen ser anuales, dejando de lado las especies perennes (Chen *et al.*, 2017, Miller y Gross, 2011; Hernández-Cumplido *et al.*, 2021). En este caso, Gross y colaboradores (2014) hipotetizan que, así como las plantas perennes son biológicamente distintas a las especies anuales, su selección artificial se basa en distintos caracteres y su manejo es distinto, por lo que no responderán de la misma manera a la domesticación.

Los estudios de domesticación de especies anuales predicen que, debido a su ciclo de vida tan corto la tasa de evolución será más rápida, la resistencia y defensa tendrá efectos negativos más severos, la selección de atributos relacionados a la resistencia y defensa será considerablemente más baja al tener la oportunidad de rotar cultivos (Miller y Gross, 2011; Hernández-Cumplido y Chávez-Pesqueira, 2021). Mientras que, en las plantas perennes, los pocos estudios indican que las tendencias son hacia una tasa de evolución más lenta debido a su ciclo de vida mucho más largo y su fase juvenil prolongada, los efectos negativos sobre la resistencia-defensa serán menores y habrá una mayor necesidad de seleccionar atributos relacionados a la resistencia ya que no existe rotación de los cultivos (Casas *et al.*, 2007; Miller y Gross, 2011; Meyer *et al.*, 2012; Gross *et al.*, 2014, Whitehead *et al.*, 2017; Hernández-Cumplido *et al.*, 2021).

III. ANTECEDENTES

Stenocereus spp. como modelo de estudio de domesticación

El género *Stenocereus* se compone de 22 especies de las cuales 20 se consideran endémicas de México (Hunt, 1992; Bárcenas-Abogado y Jiménez-Castañeda, 2010). Están consideradas entre las cactáceas columnares de mayor importancia, ya que son una gran fuente alimenticia para el humano y otras especies que se alimentan de ella durante la época más seca del año, como: aves, roedores, murciélagos e insectos (Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015). Su cáscara y pulpa contienen una gran cantidad de carbohidratos, agua, antioxidantes y proteínas, por lo que también son una gran fuente nutritiva de alimentación (Beltrán-Orozco *et al.*, 2009, Bárcenas Abogado y Jiménez Castañeda, 2010).

Se tiene evidencia de la gran importancia que representaba este cultivo para comunidades humanas desde tiempos prehispánicos, pues desde hace 6500 - 4500 A.C ya se manejaba y aprovechaban las poblaciones de esta especie (González, 1972; Bárcenas-Abogado *et al.*, 2010; Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015). Hoy en día, el cultivo de la pitaya es una de las actividades económicas más importantes de zonas áridas y semiáridas de México (Gudiño y de la Barrera, 2014). Especies como *S. pruinosus*, *S. griseus*, *S. stellatus* y *S. queretaroensis* son de gran importancia económica (Bárcenas-Abogado y Jiménez-Castañeda, 2010; SIAP, 2015). Tan solo en el año 2015 se reportó una superficie sembrada de 1,484.78 hectáreas de pitaya, incluso en algunos municipios como Techaluta de Montenegro (Jalisco) se llegaron a registrar hasta 86 ha (número que aumenta anualmente). Una producción de 4,077.54 toneladas y una remuneración económica de 54,958.75 miles de millones de pesos, aproximadamente MXN \$19,200/ ha (SIAP, 2015; Tremlett *et al.*, 2021).

Domesticación y manejo de Stenocereus queretaroensis

Algunas especies como *S. pruinosus*, *S. stellatus* y *S. queretaroensis* (Weber Buxbaum, son manejadas intensivamente (Casas *et al.*, 2007; Gudiño y de la Barrera, 2014). Sin embargo, *S. queretaroensis* es considerada la especie de mayor extensión de cultivo en México (Gudiño y de la Barrera, 2014) y la más industrialmente tecnificada a raíz de la alta demanda de su fruto y su potencial exportación a Estados Unidos (Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015); lo cual ha derivado en problemáticas, signos y enfermedades en las plantas (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Actualmente la demanda de este producto sigue aumentando tanto en el mercado nacional como en el internacional (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994; Tremlett *et al.*, 2020). Incluso llega a ser la principal fuente de ingreso de varios municipios en la región sur de Jalisco, como es el caso de Techaluta de Montenegro, que para el año 1997, su variedad más cotizada (Mamey) ya representaba el 80% de la producción local (Pimienta-Barrios *et al.*, 1997).

IV. JUSTIFICACIÓN

En vista de los sesgos existentes en los estudios sobre domesticación (Chen *et al.*, 2017), el cultivo de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) en México representa un buen modelo de estudio sobre domesticación, ya que: 1) es de las pocas cactáceas para las que se tiene evidencia sobre su domesticación desde tiempos prehispánicos, y de las cuales se conoce muy poco acerca de los procesos

llevados a cabo durante este proceso; 2) su centro de domesticación se encuentra en Mesoamérica, por lo que encontramos la presencia, tanto de poblaciones silvestres, como de variedades con distinto grado de domesticación y 3) se trata de uno de los pocos cultivos perennes incluidos en estudios de domesticación a nivel global (Pimienta-Barrios y Nobel 1994; Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015).

Adicionalmente a estas características, la especie *S. queretaroensis* tiene la peculiaridad de ser un cultivo intensificado en varios municipios de la región sur de Jalisco, a diferencia de otras especies que solo se domestican incipientemente (Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015). Tal es el caso de municipio de Techaluta de Montenegro en Jalisco, el cual se encuentra en una tecnificación intensiva del cultivo de pitaya desde hace poco más de 50 años (Pimienta-Barrios y Nobel 1994; Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015), hecho que ha traído consigo problemáticas asociadas a dicha tecnificación como una mayor concurrencia de enfermedades (Cerón-González *et al.*, 2012; Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015); por estas razones es necesario generar conocimiento sobre la direccionalidad de su domesticación para proponer técnicas agrícolas sostenibles (Bárcenas Abogado y Jiménez Castañeda, 2010).

V. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar y comparar la variabilidad morfológica en seis variedades, con distinto grado de domesticación, de la cactácea columnar *Stenocereus queretaroensis*. Además de documentar los criterios por los cuales se ha llevado a cabo dicha

selección por parte de los agricultores y la direccionalidad a la que se ha llevado la domesticación en el municipio de Techaluta de Montenegro, Jalisco.

Objetivos particulares

- Reconocer los caracteres que se han buscado favorecer y los criterios en los cuales se han basado los agricultores para llevar a cabo la selección y el cultivo de las distintas variedades de *S. queretaroensis*.
- Comparar las diferencias morfológicas en órganos (flor, fruto y tallo) de seis variedades de *S. queretaroensis* con distinto grado de domesticación respecto a la variedad silvestre.
- Determinar los órganos blanco y no blanco de selección, además de las posibles correlaciones entre estos y sus efectos en la defensa de las plantas contra sus enemigos naturales.

VI. HIPÓTESIS

- El fruto (la pitaya) será el órgano blanco de selección artificial y las características preferidas por los agricultores serán aquellas orientadas a incrementar mayores ganancias económicas, debido a que el cultivo de la pitaya es de gran importancia económica para el municipio de Techaluta de Montenegro (Parra *et al.*, 2012).
- La variedad de mayor manejo en el municipio reunirá las preferencias que buscan los agricultores y por ende será la que más diferencias morfológicas posea con respecto a sus parientes silvestres (síndromes de domesticación) (Meyer *et al.*, 2012).

- Habrá correlaciones negativas entre órganos blanco y no blanco de selección artificial asociadas a la domesticación- reducción de defensas, de modo que la variedad que presente una mayor cantidad de síndromes de domesticación será también la de mayor cantidad de daños causados por enemigos naturales (Meyer *et al.*, 2012; Whitehead *et al.*, 2017; Hernández-Cumplido *et al.*, 2021).

VII. MÉTODO

Zona de estudio

El municipio de Techaluta de Montenegro está ubicado en la región sur del estado de Jalisco (coordenadas 20°05', 103°33' y altitud de 1,348 m s.n.m.) (**Fig. 2**).

Posee una extensión territorial de 152 km², que abarca parte de la Sierra de Tapalpa y una planicie de 500 hectáreas dedicadas a la agricultura, principalmente de pitaya y otros cultivos como maíz, sorgo, frijol y alfalfa (Gobierno del Estado de Jalisco, 2017). El cultivo de la pitaya para este municipio es muy importante económicamente, sobre todo la variedad Mamey que es de la más demandadas, ya que al año emite ingresos sustanciales para la región, aproximadamente \$19,200.00 pesos por tonelada (durante el 2016-2017), cifra que aumenta año con año (Tremlett *et al.*, 2020).

Sus suelos son: Aluvial, Residual y Lacustre (por su formación geológica) y de tipo feozem háplico, andosol mólico y cambisol crómico (por su composición) (Gobierno del Estado de Jalisco, 2017; IIEG, 2017). El clima va de árido a templado en las partes más altas, con una temperatura media anual de 22.8° C y máxima de 33°C; su precipitación anual es de 617.6 mm³ (Gobierno del Estado de

Jalisco, 2017). La vegetación en las partes más altas de la sierra se compone de pino, roble, encino; mientras que en parte de la ladera y en la meseta la vegetación es de tipo matorral (que incluye plantas como cactus columnares, nopal, agaves) y del tipo selva baja caducifolia (Gobierno del Estado de Jalisco, 2017).

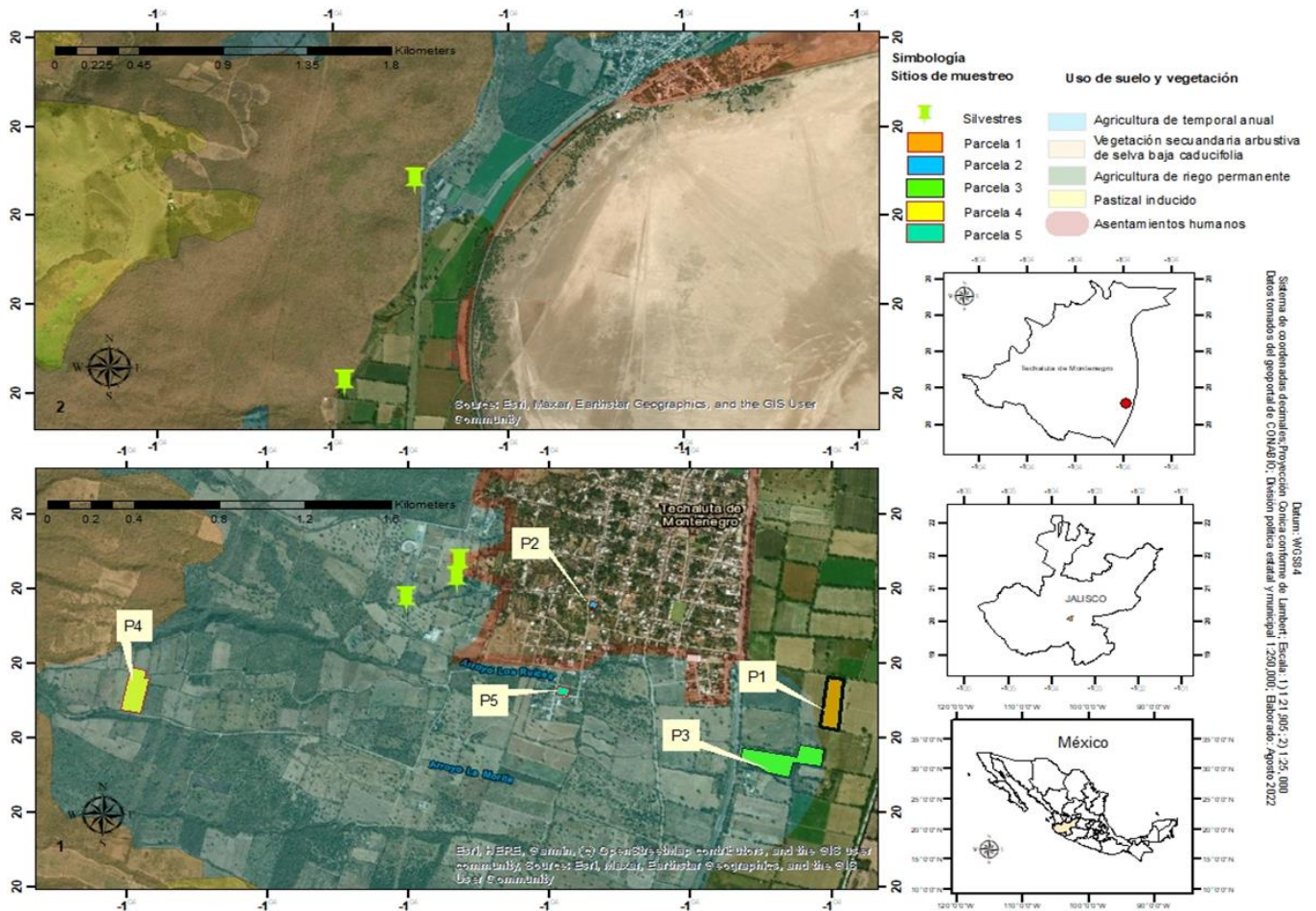


Figura 2. Mapa del municipio de Techaluta de Montenegro Jalisco, donde se muestran algunos de los sitios de muestreo usados en este estudio. Recuperado de Leyva-Gutiérrez, 2022.

Especie de estudio

Stenocereus queretaroensis es un cactus columnar endémico de México, mejor conocido como pitayo. Actualmente se distribuye en la regiones áridas y

semiáridas del centro-occidente de México, principalmente en los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Sinaloa (Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015).

Su hábito es arborescente y puede llegar a alcanzar los 10 m de altura, su ramificación es candelabriforme y posee múltiples ramificaciones en estado silvestre. Los brazos van de rectos a curvos en las periferias y poseen una epidermis cerosa. Las areolas son grandes y bien definidas, de las cuales emergen espinas subuladas, rígidas y de color amarillo (**Fig. 3a**) (Pimenta, 1999).

Las flores aparecen en las areolas de las ramas maduras (mitad superior de la planta), son actinomorfas, tubulares- infundibuliformes de hasta 14 cm de largo, nocturnas, fragantes, con colores variables de blanco a amarillo y nectarios bien desarrollados (**Fig. 3b y c**). La época de floración comienza a principios de febrero y termina en el mes de abril (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994), periodo que coincide con la época de apareamiento y mayor abundancia de su polinizador más eficiente, murciélagos del género *Leptonycteris* (Tremlett *et al.*, 2020).

Lo frutos, llamados pitayas, maduran de finales de abril a finales de junio (Ibarra, 2005), sus formas pueden ser ovoides, globosos o elipsoidales y de tamaño muy variable. Se encuentran cubiertos por una cáscara o pericarpio de delgado a grueso, con espinas delgadas y pulpa jugosa de distintos colores que contiene numerosas semillas normalmente pequeñas, de forma piriforme y de color que va de negro a castaño oscuro (**Fig. 3d, e y f**). Cabe señalar que estas características varían dependiendo de la domesticación (Pimenta, 1999); en el municipio de Techaluta de Montenegro Pimienta- Barrios (1999) identificó seis

diferentes variedades de pitayas: Blanca, Amarilla, Morada, Tenamaxte, Roja y Mamey, distinguidas principalmente por el color de su pulpa.

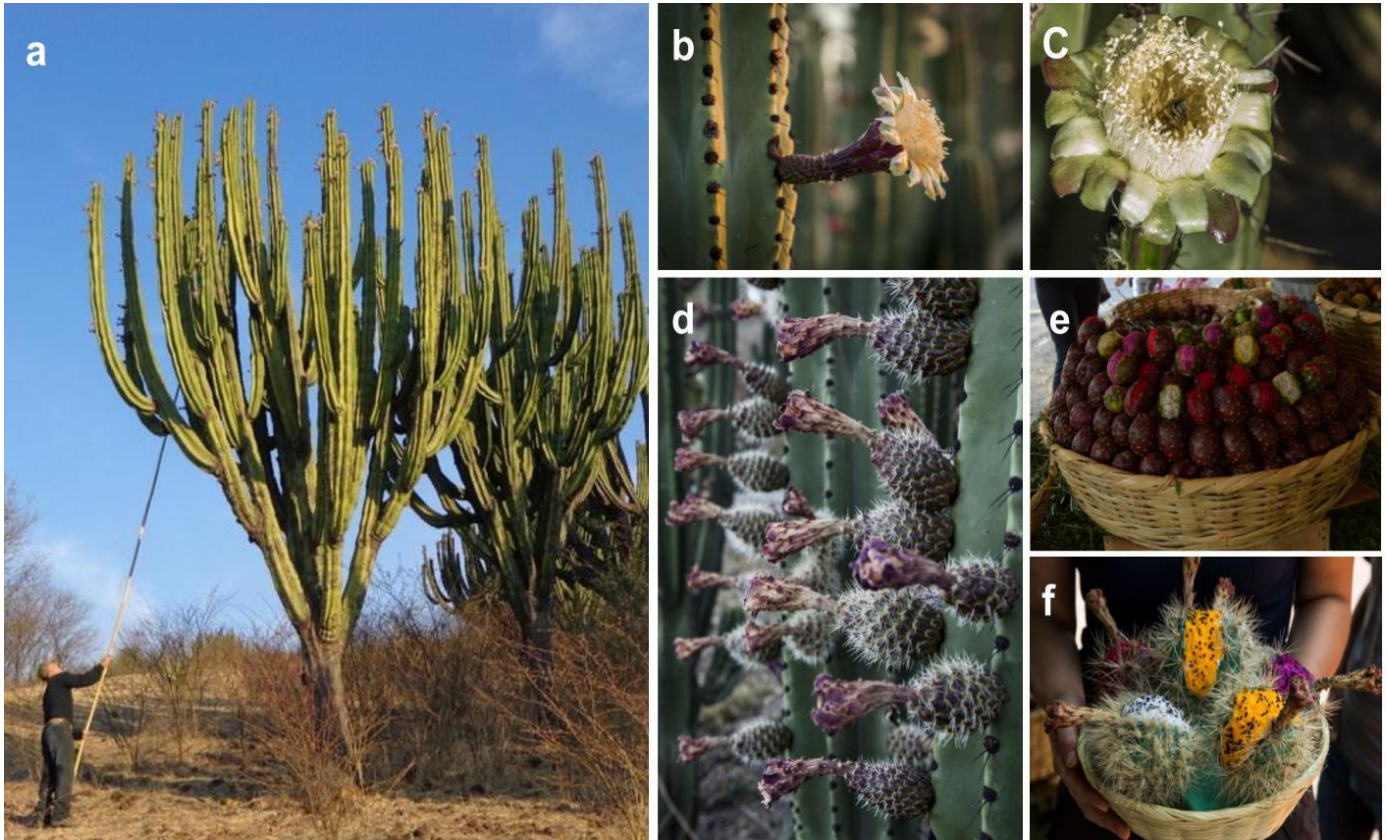


Figura 3. Morfología de *S. queretaroensis*. a) hábito y ramificación. b) flores c) forma de las flores y color de los pétalos. d) Forma, tamaño y espinas en los frutos. e) diversidad de colores de pulpas. f) pitaya con pulpa amarilla y morada.

Diseño observacional

El presente estudio se llevó a cabo durante la época de floración y fructificación, la cual abarcó los meses de marzo a mayo del año 2019 y 2020. El diseño se compuso de dos metodologías: una etnobotánica, que indaga sobre la selección artificial ejercida por parte de los agricultores; y la segunda, una metodología ecológica que aborda las cuestiones morfométricas de *S. queretaroensis* en el sistema de cultivo de Techaluta de Montenegro, Jalisco.

El método etnobotánico se realizó a través de 28 entrevistas semiestructuradas dirigidas a productores pitayeros (ver **Anexo 1**). Las preguntas se centraron en temas de uso, manejo, criterios selectivos, propagación de las plantas y clasificación tradicional de las variedades.

Para el método ecológico se seleccionaron, marcaron y georreferenciaron (con GPS marca GARMIN, modelo geco 2001) 30 individuos de cada una de las 6 variedades reportadas en el municipio por Pimienta-Barrios (1999): Roja, Blanca, Amarilla, Tenamaxte, Morada y Mamey. Adicionalmente se seleccionaron 30 individuos Silvestres, los cuales fueron identificados por los productores o por encontrarse en sitios con bajo grado de perturbación humana, aproximadamente 5-10 km fuera de la comunidad y formando parte de la vegetación primaria de la ladera, en la sierra de Tapalpa.

El muestreo fue dirigido hacia las variedades y con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad fenotípica- genética dentro de cada variedad la selección de individuos se realizó de ocho productores locales distintos; mientras que de las silvestres se seleccionaron aquellos individuos con al menos 500 metros de distancia entre sí. Cabe mencionar que, tanto en variedades cultivadas como silvestres, los individuos muestreados se encontraban en edad reproductiva.

Para obtener las medidas del tallo, se muestrearon un total de 210 individuos, 30 individuos por variedad y silvestres. La altura se midió con un clinómetro, tomando como punto de referencia la base del tallo, hasta tres o seis metros de distancia del individuo, según se alcanzara a observar el punto de la rama más alta. Para el número de ramificaciones se contó el número de puntas terminales de los

brazos; mientras que para el diámetro de los brazos se consideró el promedio de medidas de cinco brazos distintos, tomadas con cinta métrica.

Las medidas de la flor se obtuvieron de un total de 210 flores (tres flores por planta, de 10 individuos distintos, por cada una de las variedades y silvestres). Para el ancho de la corola, el largo y la longitud del pistilo se usó un vernier digital (marca Metromex); la cantidad de azúcares en el néctar (°Brix) se midió con ayuda de un refractómetro de bolsillo (marca Kuhny, modelo CH-2123), calibrado con agua destilada entre cada medición; mientras que los daños fueron considerados por el número de heridas en los tejidos de la flor.

En cuanto a las dimensiones y peso del fruto se midieron un total de 420 frutos (60 frutos por variedad y silvestres). Para las medidas de ancho y largo del fruto se utilizó un vernier digital (marca Metromex), tomando como largo la distancia del eje entre el pedúnculo y su extremo distal. El peso total del fruto, la cáscara y la pulpa se pesaron con una báscula digital (marca Sku, modelo 020-001-066); la cantidad de azúcar en la pulpa (°Brix) se midió por medio de un refractómetro.

Finalmente, se conservaron las semillas de 30 frutos por variedad, con las que se llevaron a cabo pruebas de germinación del 10 de junio al 10 de julio del 2019, después de una semana de la recolección, en el laboratorio de plantas I y II de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Se colocaron 30 semillas en 5 cajas Petri de 60 mm por variedad cultivada y silvestre, a una temperatura de 25 °C. Los datos se registraron como proporción de semillas germinadas, cada 2 días durante un mes.

Análisis estadísticos

Para evaluar diferencias en los caracteres morfológicos entre distintas variedades se realizaron ANOVA´s de una vía, y una prueba *post-hoc* de Tukey- Kramer para los datos que se ajustaron a una distribución normal (**Tabla 1**). A los datos que no se ajustaron a una distribución normal se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con una prueba *post-hoc* de Wilcoxon (**Tabla 1**). Para comparar la variación del conjunto de caracteres entre variedades se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA). Mientras que las correlaciones entre los caracteres puestos a selección y los órganos no blancos se analizaron por medio de correlaciones pareadas y modelos de Regresión Lineal Múltiple.

Tabla 1. Caracteres medidos en cada órgano. En rojo se muestran los caracteres que se ajustaron a una distribución normal y en verde los que no son de distribución normal.

ÓRGANO	TALLO	FLOR	FRUTO	SEMILLA
C A R A C T E R	ALTIMA	ANCHO COROLA	ANCHO	GERMINACIÓN
	NÚMERO DE BRAZOS	LARGO COROLA	LARGO	
	DIÁMETRO DE BRAZOS	LARGO DE LA FLOR	PESO TOTAL	
		LARGO DEL ESTILO	PESO CÁSCARA	
		AZÚCARES EN NÉCTAR	PESO PÚLPA	
		DAÑOS	AZÚCARES EN PULPA	
			DAÑOS	

VIII. RESULTADOS

Órgano blanco y otros órganos con valor de uso

En este municipio el órgano de la planta más utilizado es el fruto, sin embargo, no es el único. El remanente de los pétalos es usado con fines medicinales, en infusiones para el tratamiento de diabetes y otras enfermedades. Las espinas tanto del fruto como del tallo también son utilizadas como abono para los cultivos. Los tallos secos como leña. Y en cultivos de traspatio, los pitayos llegan a ser usado con fines ornamentales o como cerca verde.

Además, como el cultivo se reproduce principalmente por esquejes - clones (Fig. 4), algunos de los agricultores comercian tallos de distintas variedades, durante la época donde no hay producción de frutos. Esta práctica es común ya que el 68% de los agricultores compran o han comprado clones (esquejes) para sus cultivos (Fig. 5), aunque muy pocos de ellos, apenas el 3%, como tal se dedica a la venta.

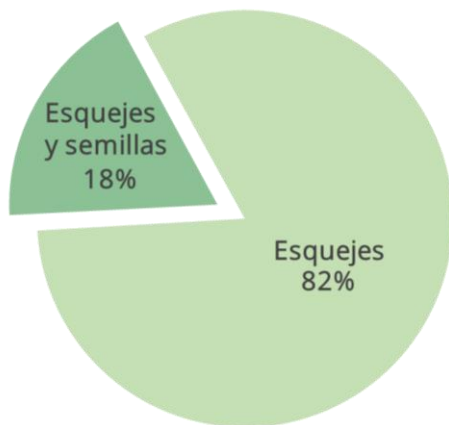


Figura 4. Propagación de cultivos. El 100% de los agricultores propagan sus cultivos a través de clones, coloquialmente conocidos como esquejes. Aunque el 18% señalan que también han incluido o han mantenido en pie algún individuo proveniente de semilla.

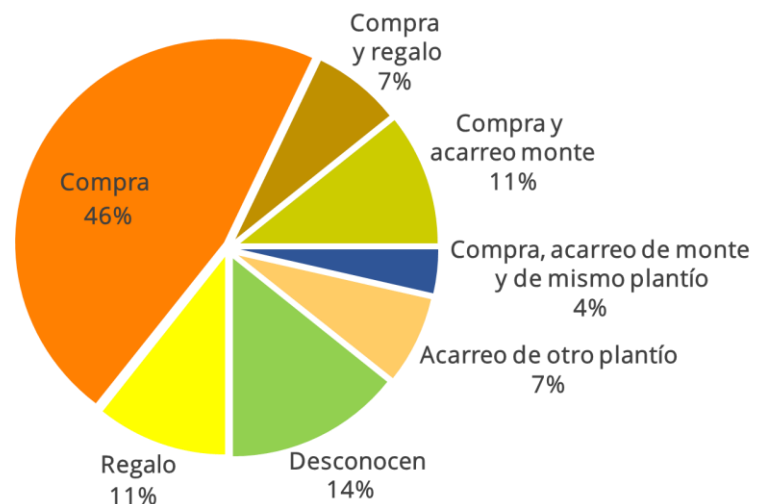


Figura 5. Obtención de Esquejes (clones). El 46% de agricultores adquiere los esquejes únicamente al comprarlos, 11% regalados y 7% de otros plantíos propios. El 22% además de comprar lleva a cabo otras prácticas, como: regalo, acarreo de brazos de individuos Silvestres con características deseadas, o acarreo de plantas adquiridas anteriormente en otros terrenos familiares. Es común que obtengan los esquejes de más de un modo.

Crterios selectivos de los agricultores

El 79% de los agricultores se refirieron sólo a características del fruto como elemento de interés de selección y el 21% mencionaron características del fruto y del tallo. Dentro de las características más buscadas en el fruto se encuentran principalmente: el sabor dulce, un gran tamaño y el fácil manejo a la hora de cortar y pelar (**Fig. 6**). Otras características poco mencionadas son el color, particularmente aquellos colores poco comunes como el morado; la dureza y grosor de la cáscara, características útiles para el transporte; variedades con una temporada larga de fructificación (“tempranillas” y “tardías”), las cuales producen frutos fuera de los picos de producción y se cotizan más para el consumidor ; variedades con mucha producción de frutos y frutos con “buena presentación”, es decir que no tengan muchos daños por herbivoría.

Las características buscadas en el tallo son más diversas. Mientras que algunos agricultores prefieren variedades con poca ramificación que facilite la obtención de los frutos, otros mencionan que prefieren plantas más ramificadas ya que más brazos significan mayor producción. En cuanto a la altura del tallo la mayoría de los agricultores prefieren tallos enanos que hagan más fácil coleccionar todos sus frutos. Otras características mencionadas, aunque en baja frecuencia, son los tallos saludables que tengan menor probabilidad de enfermarse y tallos que sobrevivan al trasplante.

Variedad preferida por los agricultores

La variedad que fue señalada por los agricultores como aquella que reúne las características más importantes para ellos es Mamey, pues es catalogada como la variedad de mayor tamaño, con sabor dulce, de fácil manejo y mejor para transporte. Por ello es de las variedades más cotizadas y de mayor demanda lo cual ha elevado su valor socio-económico.

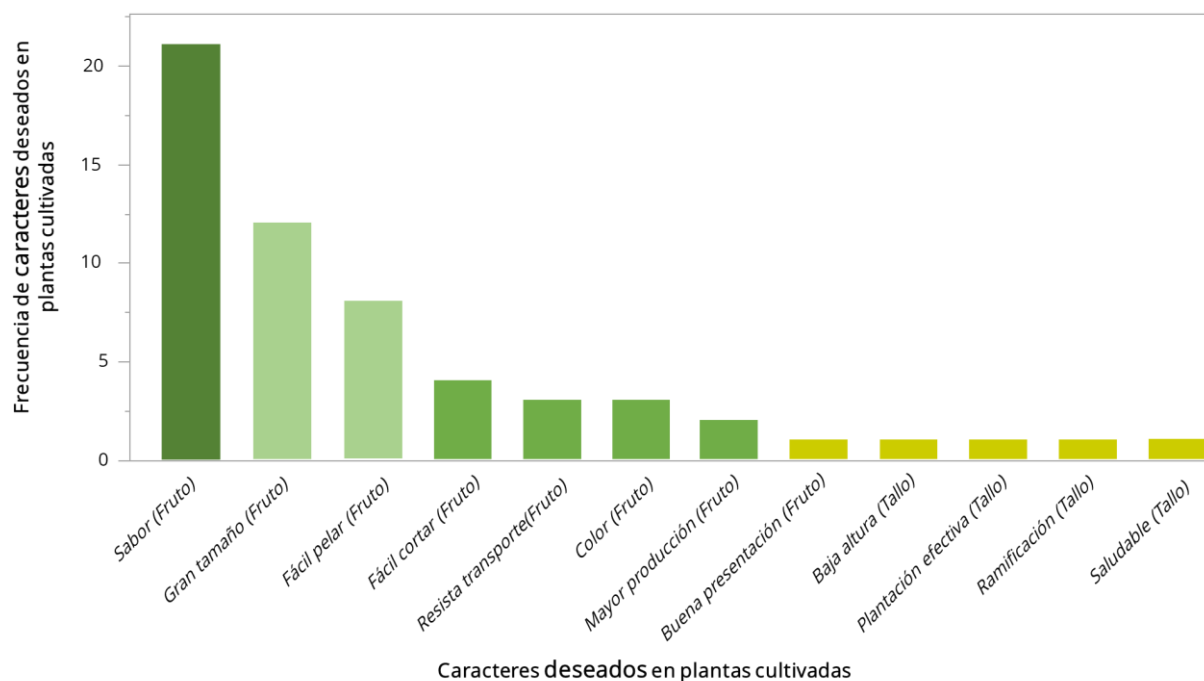


Figura 6. Frecuencia de caracteres deseados por los agricultores en plantas de pitaya (*S. queretaroensis*).

Del 68 % de agricultores que consideran que hay variedades que necesitan más cuidado que otras, 79% señalaron que Mamey es la variedad que necesita más cuidados o que es la más delicada, sobre todo al plantarla, ya que su tasa de mortalidad es muy alta. En cuanto a la cantidad de abortos, del 57% de agricultores que señalan que sí hay variedades más “abortivas” que otras (es decir que el botón floral muere antes de abrir la flor o la flor abre, pero por alguna razón

no se forma el fruto) el 86% refieren a Mamey como la que más abortos produce, seguida de las variedades Amarilla, Roja y Blanca.

Por otro lado, las silvestres son las de menor aprobación por parte de los agricultores, a pesar de que el 70% de ellos señaló que las variedades más usadas hoy en día fueron seleccionadas, extraídas del monte y acarreadas por medio de clones hasta sus cultivos. Solo el 25% llega a consumir frutos silvestres, sobre todo aquellas “tempranillas” que llegan a dejar grandes ganancias o de los individuos que se encuentran muy cercanas a sus cultivos. El 75% de los entrevistados restantes prefiere no consumirlas, porque sus frutos no poseen las características de su agrado (sabor no dulce, muchas semillas, pequeño tamaño y son difíciles de manejar), además de que es necesario recorrer grandes distancias para encontrarlas.

Manejo y propagación de los cultivos

El 50% de los agricultores entrevistados poseen cultivos de media hectárea o menos; mientras que el otro 50 % posee cultivos de más de 2 hectáreas. Los cuales fueron plantados, en su mayoría, durante los últimos 30 años (cultivo <0.5 ha =85.71% y cultivo>2 ha =71.42 %).

En cuanto a las variedades propagadas, 7.4% de los agricultores señalaron que sus cultivos se encuentran conformados por siete variedades, 40.7% por seis variedades y 18.5 % por cinco variedades. Mientras que el 33.4 % restante prefieren incluir de cuatro a dos variedades. Ningún agricultor entrevistado señaló preferir el uso de una sola variedad en sus cultivos **(Tabla 2)**.

Tabla 2. Variedades incluidas en los cultivos y extensión que ocupan en estos.

Poductor	Tipo de mercado	Mamey	Tenamaxtle	Amarillo	Morado	Blanca	Roja	B. Cofradía	Sandia	silvestre
1	D	50 %	25 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %		
2	L	30 %	11.6 %	11.6 %	11.6 %	11.6 %	11.6 %		11.6 %	
3	L	80 %	4 %	4 %	4 %	4 %	4 %			
4	D	80 %	10 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %			
5	D	70 %	6.75 %	6.75 %	6.75 %		6.75 %			3 %
6	D	70 %		6 %	6 %		6 %	6 %	6 %	
7	D	60 %	20 %	5 %	5 %	5 %	5 %			
8	L	50 %	10 %	10 %	10 %	10 %			10 %	
9	D	40 %	30 %	9 %	10 %	10 %				1 %
10	L	40 %	40 %	5 %	5 %	5 %	5 %			
11	L	20 %	16%	16 %	16 %	16 %			16 %	
12	D	19.8 %	19.8 %	19.8 %	19.8 %	19.8 %				1 %
13	L	16.6 %	16.6 %	16.6 %	16.6 %	16.6 %	16.6 %			
14	D	80 %	10 %	3.3 %	3.3 %	3.3 %				
15	D	70 %	7.5 %	7.5 %	7.5 %	7.5 %				
16	D	70 %	7.5 %	7.5 %	7.5 %	7.5 %				
17	A	60 %		10 %	10 %		10 %	10 %		
18	D	20 %	10 %	50%	10 %	10 %				
19	L	80 %	10 %	5 %		5 %				
20	D	80 %		5 %	5 %	10 %				
21	D	80 %	6.6 %	6.6 %		6.6 %				
22	L	70 %	9 %	20 %		1 %				
23	L	25 %	25 %	25 %		25 %				
24	L	1 %	33%	33 %		33 %				
25	L	90 %		8 %	2 %					
26	L	50 %	40 %		10 %					
27	L	70 %	30 %							

Cabe resaltar que en todos los cultivos las variedades más propagadas son Mamey (100%) y Amarilla (92.85%). Y en el caso de algunos cultivos compuestos de cinco a siete variedades se incluyen variedades no locales como Sandio (1.6%)

y Blanca de Cofradía (2.2%) y/o individuos Silvestres (1.6%) (**Tabla 2**). Sin embargo, es importante señalar que la extensión que posee cada variedad en el cultivo es bastante desproporcionada ya que frecuentemente la variedad Mamey es aquella con mayor extensión de cultivo (70-80%). Mientras que las otras variedades se limitan al otro 20-30%, dependiendo de la cantidad de variedades que los agricultores incluyen a sus cultivos, tal como se muestra en **Tabla 2**. Los agricultores señalan que incluir individuos silvestres es un desperdicio de terreno si sus frutos son de mal gusto, por ello casi no se incluyen en los cultivos y cuando se llegan a incluir se hace en muy baja proporción (3 ó >3%). De igual forma sucede con las variedades de otros municipios, que no se consideran de la misma calidad que las variedades de la localidad.

Aunado a esto, la razón por la cual los agricultores señalan no optar por un monocultivo al 100%, es debido a que otras variedades cubren aquellas características que la variedad Mamey no posee (larga temporalidad, colores extravagantes, sabores más variados, por mencionar algunos), lo cual permite satisfacer diversas preferencias de los consumidores y con ello la entrada de mayores ganancias. Ahondando en las prácticas tradicionales de policultivo solo el 39% de los agricultores entrevistados cultivan también otras especies como: maíz y frijol (los más comunes) y otros menos comunes como: cilantro, maguey, nopal, calabaza, garbanzo, jitomate, cebolla, limón, naranja y café como cultivos intermedios en sus huertos de pitaya.

Por otro lado, en cuanto a los caracteres con que se reconocen las variedades para su propagación, aquellos relacionados con el fruto, principalmente el color de la pulpa y la forma, son de gran importancia. Sin embargo 43% de los

agricultores también logra reconocer todas las variedades únicamente con caracteres del tallo y 50% solo algunas de las variedades.

Los caracteres con que reconocen comunmente a los tallos de las distintas variedades son: ancho de tallo, tamaño de espinas, color de tallo y arreglo de las espinas (**Fig. 7**). Otros caracteres que también se mencionaron, pero en menor frecuencia son: cantidad de espinas, forma del ápice, ramificación del tallo, color de las espinas, crecimiento del tallo, forma del tallo y número de costillas. En la siguiente tabla (**Tabla 3**) se muestran algunos de los caracteres diagnóstico que no son del fruto.

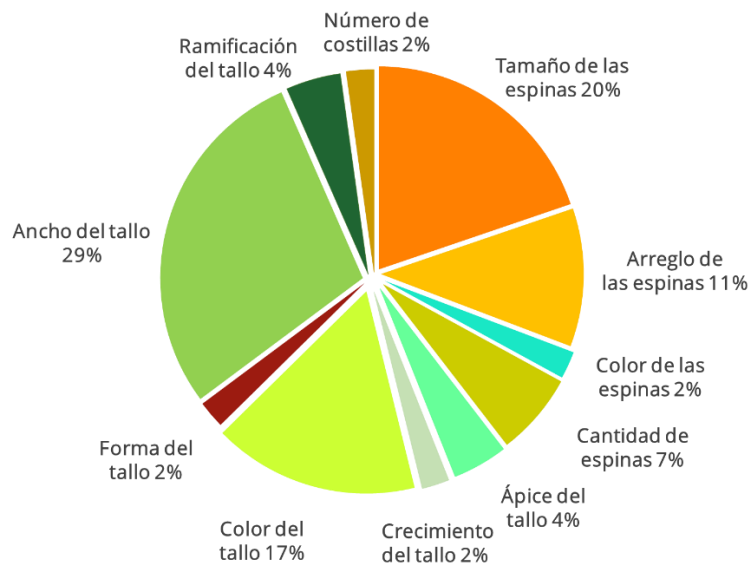


Figura 7. Caracteres del tallo y espinas importantes para la diagnosis de las variedades. A pesar de que las variedades se distinguen y se clasifican con caracteres del fruto, durante la época de crecimiento, que es la época durante la cual se podan y se siembran los esquejes, la mayoría de los agricultores sí logran reconocer las variedades. Sobre todo, de aquellas variedades con mayor importancia económica para ellos. En general se nombraron 7 caracteres de tallo y 4 de las espinas, aunque no todos son usados por los agricultores, la mayoría se apoyan de al menos 2 caracteres.

Tabla 3. Caracteres reconocidos por los agricultores en órgano no blanco.

Variedad	Mamey	Tenamaxtle	Amarillo	Morado	Blanca	Roja	silvestre
Caracter							
Ancho del tallo	grande	mediano	delgado	delgado	delgado	delgado	mediano
Color del tallo	verde claro	verde obscuro	----	verde manchas moradas	verde pardo	----	----
Cantidad de espinas	ralas (3)	tupidas (6)	tupidas	tupidas (6)	tupidas	tupidas	tupidas
Tamaño de las espinas	pequeñas	largas	largas	largas	largas	largas	largas
Cantidad de producción	mucho	mucho	poca	poca	poca	poca	mucho
Pico de producción	intermedia	tempranilla	tempranilla	tardía	intermedia	tempranilla	tempranilla tardía

Por último, un aspecto importante en el manejo son las actividades de mantenimiento de los huertos, en este aspecto se obtuvo que al menos el 90% de los agricultores realizan actividades encaminadas al cuidado y la “salud” de sus cultivos: de los cuales el 32 % realiza actividades de fumigación y fertilización; mientras que 21% sólo de fumigación, 29% solo de fertilización, 4% fumigación + enraizamiento y 4% fumigación, fertilización y enraizamiento, estos últimos usados para disminuir la mortalidad de sus clones recién plantados.

En cuanto a la fertilización se obtuvo que 56 % usa fertilizantes comerciales como: triple, Green, sulfato y urea. Mientras que el 28% usa fertilizantes tradicionales, es decir manufacturados por los mismos agricultores a través de compuestos como el estiércol, composta y la ceniza. Y el 16% usan únicamente riego y arado (**Fig. 8**). Dentro de las prácticas de control de plagas (**Fig. 9**) los agricultores mencionaron que el 86% emplea compuestos químicos como: Folidol

(el más común), Furadan, Aldrín y Cipermetrina para las plagas y Glifosato para las malezas. Ya sea en conjunto con algún plaguicida orgánico (5%), o algún otro tipo de actividad como la limpia del terreno (10%), que consiste en retirar la maleza presente en el plantío.

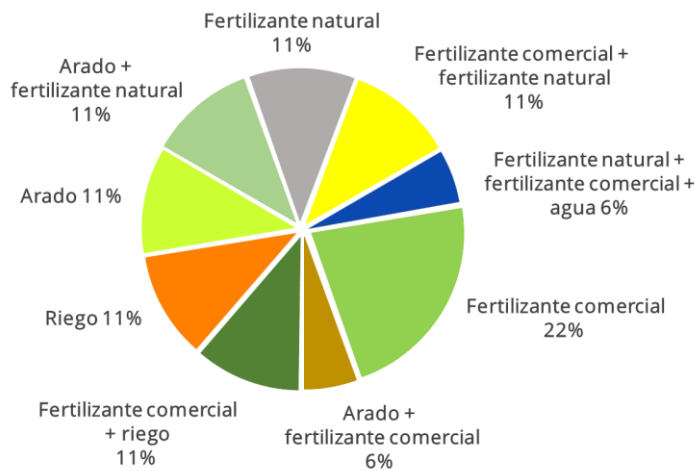


Figura 8. Prácticas de fertilización de los cultivos. En este municipio es común emplear un solo método de fertilización (66 %). Mientras que aquellos donde se usa más de un método tienen en común el uso de fertilizantes comerciales.

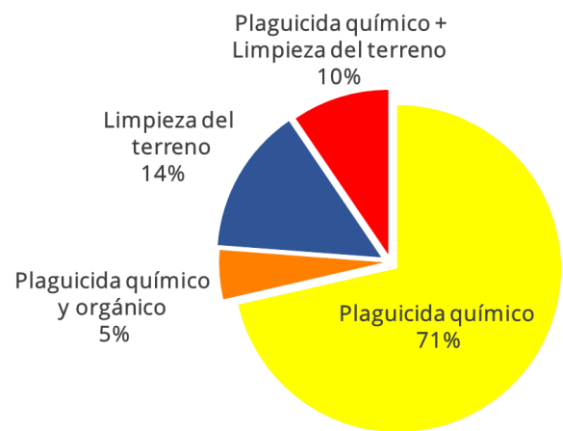


Figura 9. Prácticas de control de plagas. Se emplean prácticas tradicionales (limpieza del terreno y plaguicidas orgánicos), pero no es común o se acompañan del uso de plaguicidas químicos.

Diferencias morfológicas entre variedades

a) Tallo

En este órgano existe una clara distinción entre los caracteres de individuos silvestres y variedades cultivadas. En el caso de la altura las diferencias fueron significativas ($X^2= 90.477$, $gl = 6$, $p < 0.0001$), donde las Silvestres son las de mayor altura (6.941 y ± 0.437 ; $\bar{x} \pm EE$, respectivamente) y las variedades Morado (3.059 y ± 0.155) y Blanco (3.068 y ± 0.155) las de menor (**Fig. 10**). En el número de brazos las diferencias fueron significativas ($X^2=91.143$, $gl=6$, $p<0.0001$), Silvestre fue la de mayor número de brazos (115.15 y ± 8.524) y Blanca (12.483 y

±1.424) el de menor, mientras que las demás variedades entre sí no presentaron diferencias significativas entre sí, tal como se muestra en la **Fig. 11**. De igual forma, en el diámetro de los brazos mostró diferencias significativas entre variedades ($F= 13.886$, $gl=6$, $p<0.0001$), donde Mamey resultó ser la de mayor diámetro (52. 212 y ± 0.795), seguida de Silvestre (51.592 y ± 0.783), mientras que Blanco fue la de menor diámetro (44.301 y ± 0.795) (**Fig. 12**).

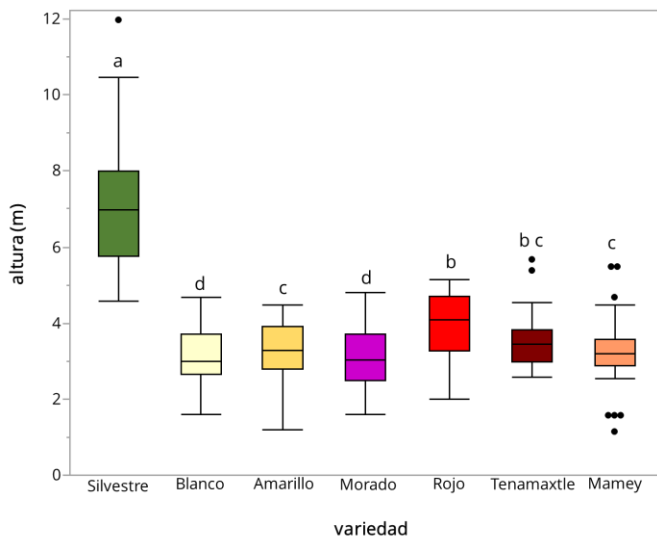


Figura 10. Diferencia en la altura (m) en función de la variedad, con respecto a las silvestres. Las letras indican el grado de significancia entre variedades.

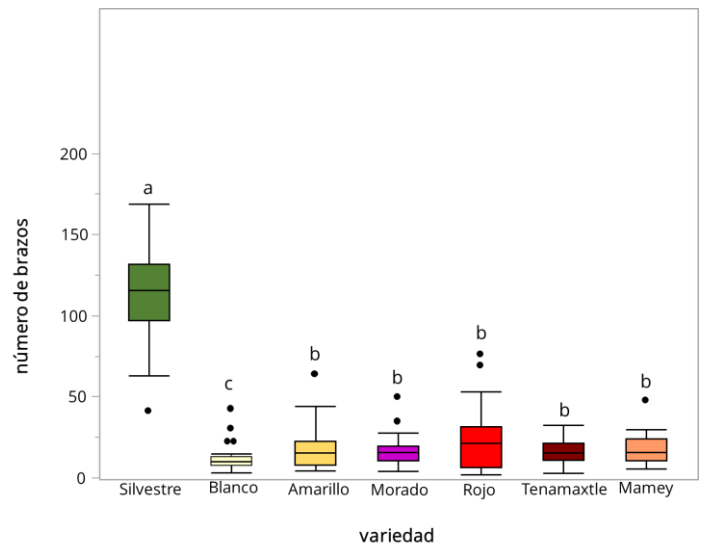


Figura 11. Diferencia del número de brazos en función de la variedad, con respecto a las silvestres. Las letras indican el grado de significancia entre variedades.

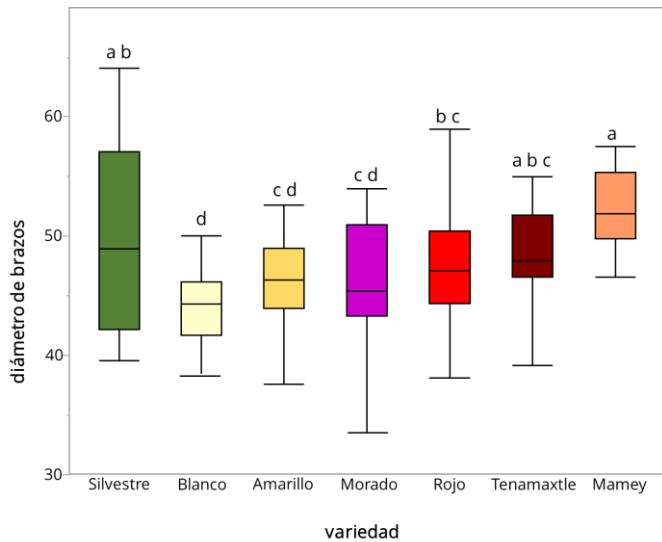


Figura 12. Diferencia en el diámetro de los brazos en función de la variedad, con respecto a las silvestres. Las letras indican el grado de significancia entre variedades.

b) Flor

La distinción entre silvestres y variedades cultivadas sigue siendo notoria, aunque contrario a las tendencias observadas en el tallo, los caracteres relacionados con la dimensión de flores domesticadas tienden a ser de mayores dimensiones. Los caracteres de largo de la corola ($F=0.822$, $gl=6$, $p<0.0001$) y el ancho ($X^2=45.855$, $gl=6$, $p<0.0001$) tuvieron diferencias significativas; en ambos caracteres la variedad Mamey fue la de mayor tamaño (8.106 y ± 0.156) y (7.49 y ± 0.172) y la variedad de menor tamaño fue Tenamaxtle (6.478 y ± 0.140) y (5.987 y ± 0.131) respectivamente (**Fig. 13-14**), en el caso del ancho de la corola (**Fig. 14**) la variedad Amarilla también resulta ser de las más pequeñas (6.119 y ± 0.144). El largo de la flor ($X^2=87.048$, $gl=6$, $p<0.0001$) y el largo del pistilo ($X^2=47.570$, $gl=6$, $p<0.0001$) también presentaron diferencias significativas. En ambos caracteres

Mamey resulto se la de mayor tamaño (11.92 y ± 0.150) y (8.286 y ± 0.161).

Mientras que en el largo de la flor las variedades Silvestre (9.72 y ± 0.140), Amarillo (9.77 y ± 0.150) y Morado (9.15 y ± 0.360) son las de menores tamaños; y en el largo del pistilo lo es la variedad Morada (6.68 y ± 0.288), tal como se muestra en las (**Fig. 15 y 16**).

Finalmente, en cuanto a al número de daños en la flor ($X^2=31.385$, $gl=6$, $p<0.0001$) y la cantidad de azúcares en el néctar ($X^2=52.501$, $gl=6$, $p<0.0001$), que también mostraron diferencias significativas, la variedad Mamey resultó ser la de mayor cantidad de azúcares en el néctar (25.78 y ± 0.781), las variedades Morada (21.91 y ± 0.854) y Tenamaxtle (21.156 y ± 0.519) las de menor (**Fig. 17**). Y en cuanto a los daños, que se observa en la (**Fig.18**), también la variedad Mamey (17.36 y $\pm 2,565$) fue la de mayor cantidad de daños seguido de Morada (13.625 y ± 2.312), mientras que la variedad Amarilla resultó ser la de menor cantidad de daños (5.25 y ± 1.599).

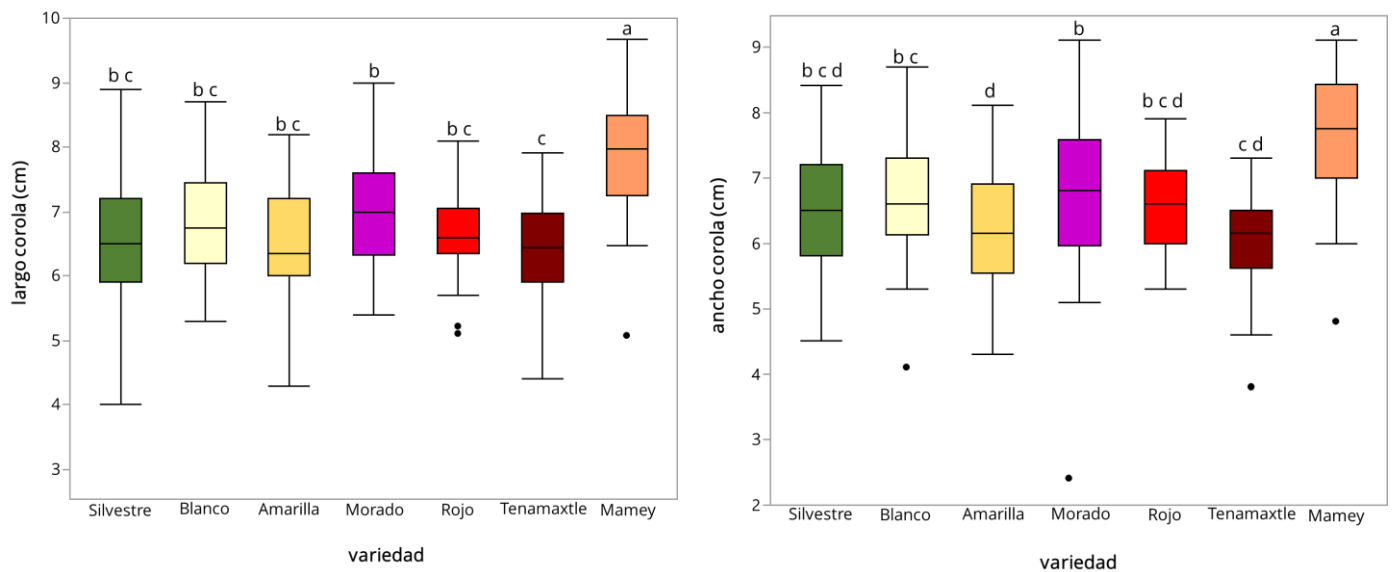


Figura 13. Diferencias en el largo de la corola en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

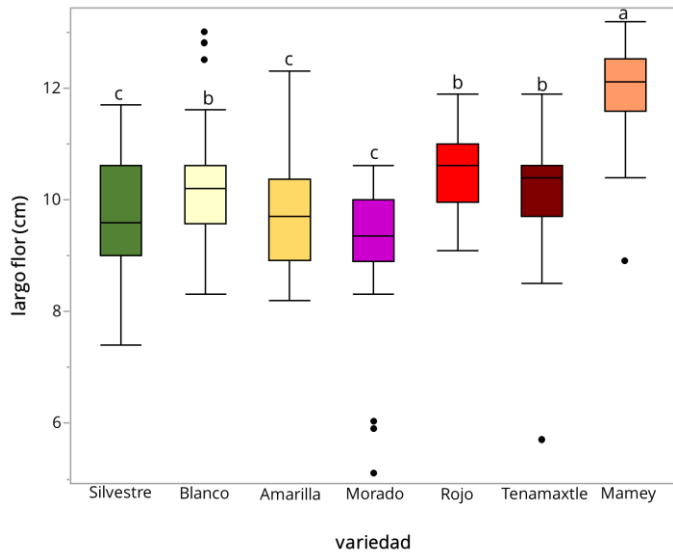


Figura 14. Diferencia en el ancho de la corola en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

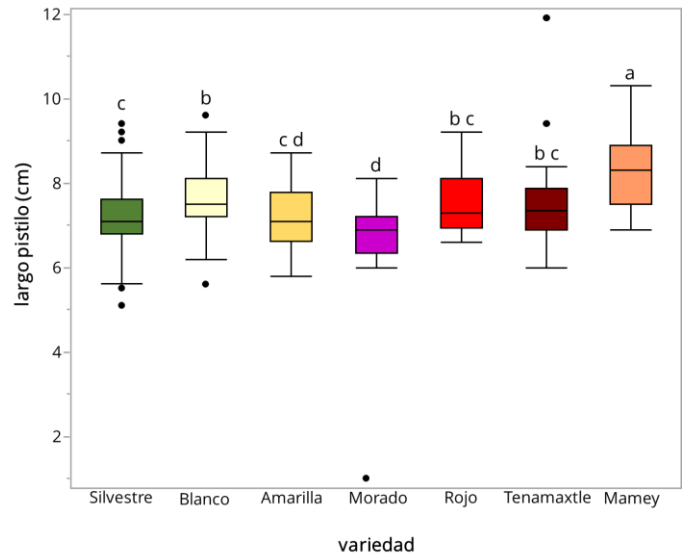


Figura 15. Diferencias en el largo de la flor en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

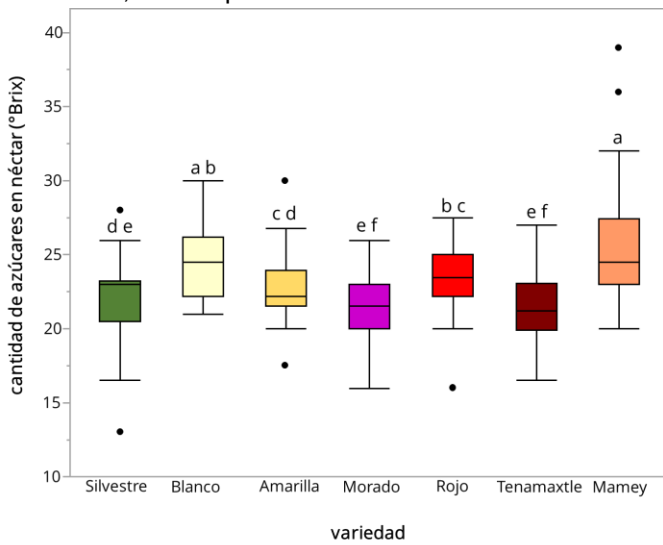


Figura 16. Diferencia en el largo del pistilo en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

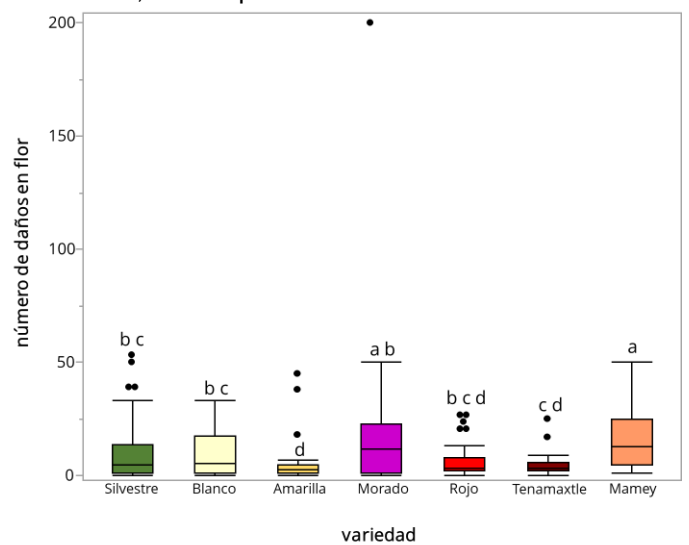


Figura 17. Diferencias en la cantidad de azúcares (°Brix) en el néctar en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

Figura 18. Diferencias en el número de daños en función de la variedad, respecto a las silvestres.

c) Fruto

Los caracteres relacionados a la dimensión del fruto: ancho del fruto ($X^2=92.337$, $gl=6$, $p<0.0001$), largo del fruto ($F=28.673$, $gl=6$, $p<0.0001$), peso total del fruto ($X^2=134.664$, $gl=6$, $p<0.0001$), peso de la cáscara ($X^2=106.776$, $gl=6$, $p<0.0001$) y peso de la pulpa ($X^2=118.996$, $gl=6$, $p<0.0001$) muestran diferencias significativas. En este órgano, contrario a las tendencias observadas en el tallo y las flores, se observa que Tenamaxte es la variedad de mayores dimensiones: ancho (57,94 y ± 0.587), peso total (113.43 y ± 2.851), peso pulpa (85.96 y ± 2.491) y peso cáscara (27.46 y ± 1.096); seguida por la variedad Mamey: ancho del fruto (52.76 y ± 0.665), peso total (95.95 y ± 2.711), peso pulpa (70.10 y ± 2.269) y peso de la cáscara (25.84 y ± 0.655) sin diferencias significativas de Tenamaxte, además por su forma, posee el mayor largo del fruto (66.89 y ± 0.776). Mientras que Silvestre es la de menores dimensiones en: ancho del fruto (48.79 y ± 1.119), largo (52.75 y ± 0.962), peso total (69.06 y ± 2.492), peso de la pulpa (48.73 y ± 2.229). Y la variedad Blanca es la de menor peso de la cáscara (17.85 y ± 0.575) (**Fig. 20-25**).

Por otro lado, la cantidad de azúcares presentes en la pulpa (Brix) ($X^2=23.24$, $gl=6$, $p<0.0001$) y el número de daños ($X^2=62.573$, $gl=6$, $p<0.0001$), que también fueron significativamente diferentes, mostraron tendencias distintas a las observadas en los caracteres relacionados con las dimensiones del fruto. En el caso de los azúcares en pulpa la variedad Blanca (10.38 y ± 1.195) fue aquella con mayor concentración, seguida de las variedades Amarilla (10.81 y ± 0.327) y Silvestre (10.59 y ± 0.205), mientras que las variedades Roja (11.57 y ± 1.882) y Tenamaxte (9.848 y ± 0.187) fueron aquellas con menor concentración (**Fig. 24**). Por otro lado, Mamey (7 y ± 0.915) fue aquella con mayor número de daños,

mientras que las de menor número de daños fueron Silvestre (1.09 y ± 0.239) y Tenamaxte (1.39 y ± 0.339), tal como se observa en la **Fig. 25**.

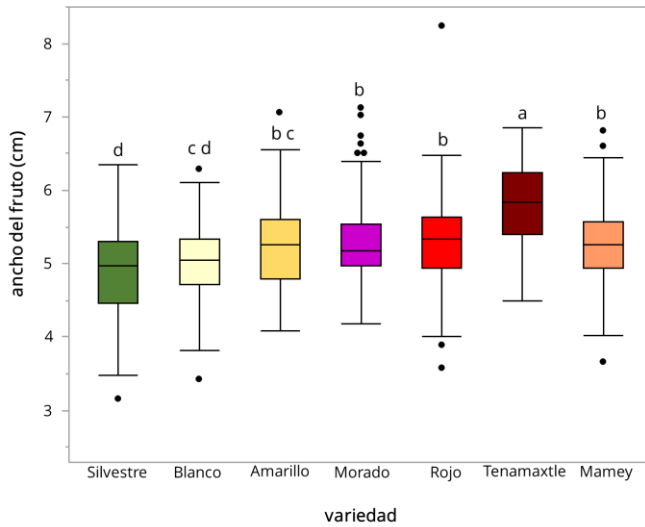


Figura 20. Diferencia en el ancho del fruto en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

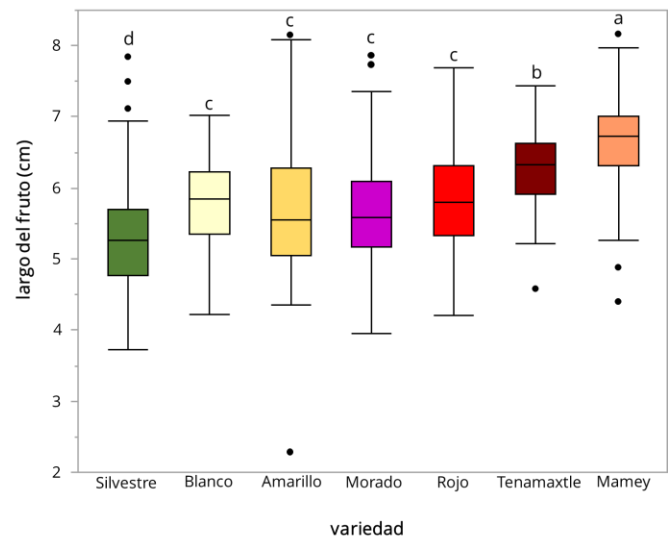


Figura 21. Diferencias en el largo del fruto en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

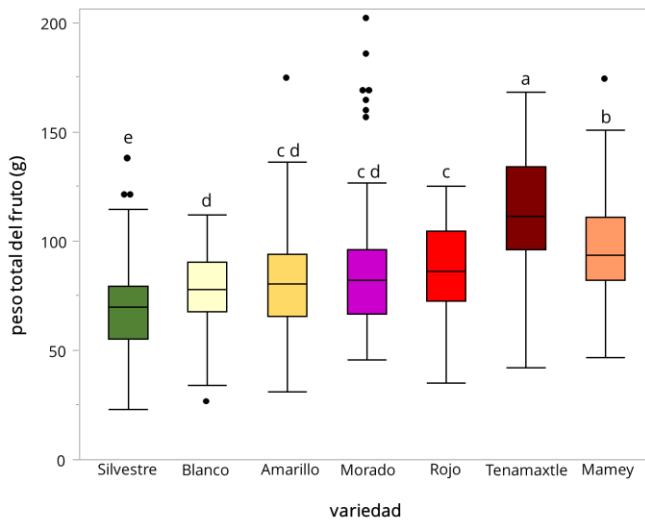


Figura 22. Diferencia en el peso total del fruto en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

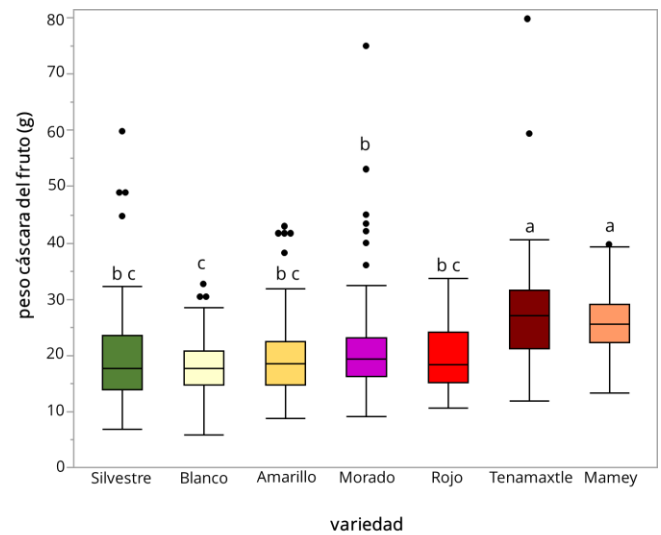


Figura 23. Diferencia en el peso de la cáscara en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

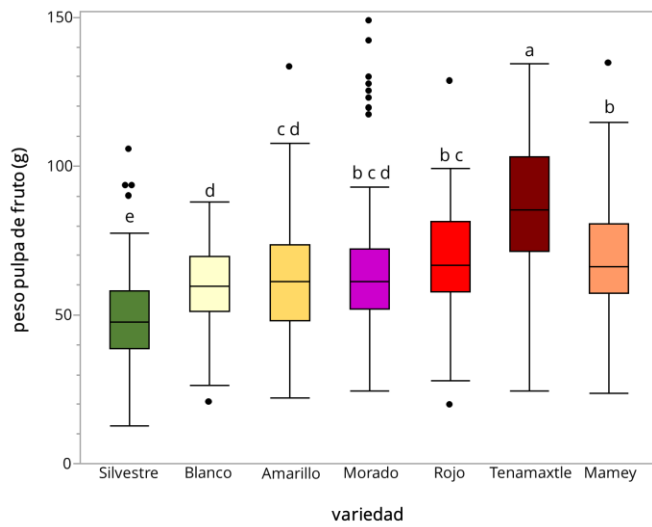


Figura 24. Diferencias en el peso de la pulpa en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

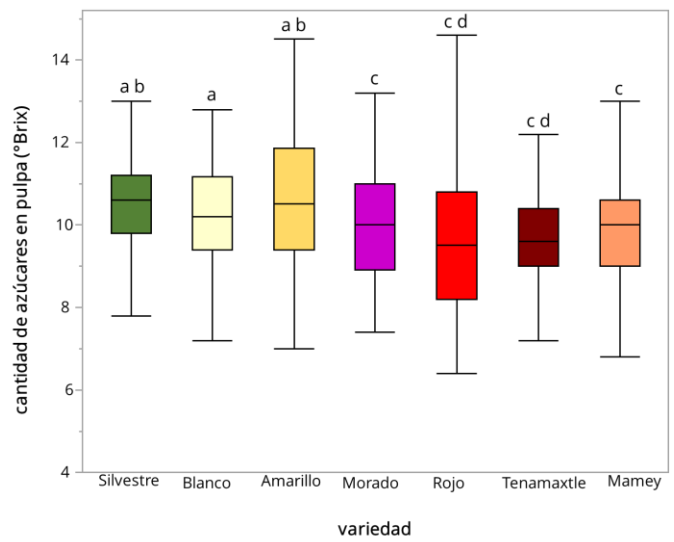


Figura 25. Diferencias en la cantidad de azúcares (°Brix) en la pulpa en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

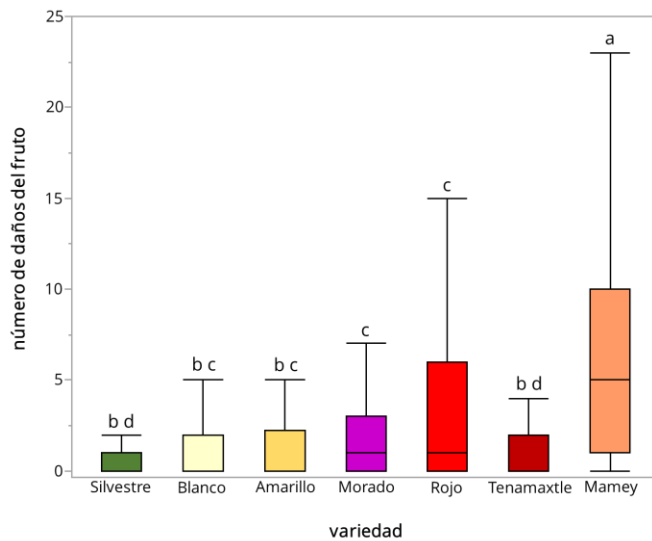


Figura 26. Diferencias en el número de daños del fruto en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

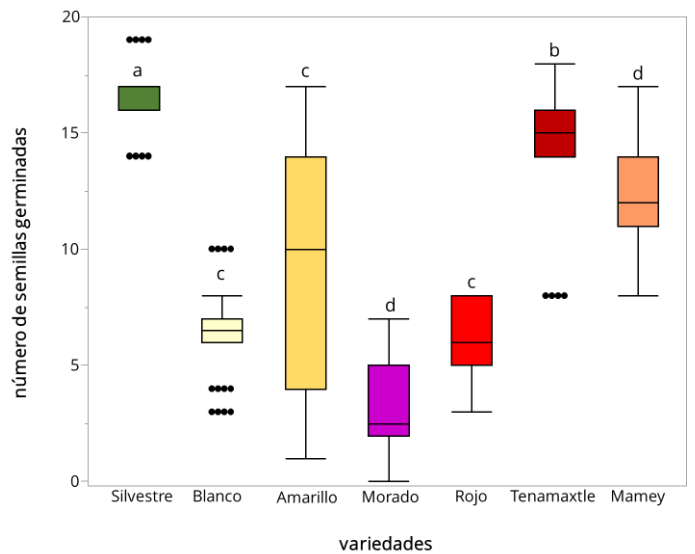


Figura 27 Diferencia en el número de semillas germinadas en función de la variedad, con respecto a las silvestres.

d) Germinación de semilla-

Por último, el número de semillas germinadas tuvo diferencias significativas

($\chi^2=197.436$, $gl=6$, $p<0.0001$), siendo Silvestre (11.37 y ± 0.828) aquella de mayor

cantidad de semillas germinadas, además de ser las semillas que más rápido germinaron, seguido de Tenamaxte (9.27 y ± 0.936) que también tuvo un alto número de semillas germinadas, pero que germinaron lento. Mientras que Morada (1.9 y ± 0.317) fue la variedad que menor cantidad de semillas germinó (**Fig. 27**).

Correlaciones entre órganos

En la **Tabla 4** se muestra en amarillo aquellas correlaciones que resultaron significativas y en anaranjado aquellas correlaciones marginalmente significativas, se observa que las correlaciones significativas se dan principalmente entre los caracteres del mismo órgano y en menor cantidad entre caracteres de distinto órgano:

Además, cabe señalar que dentro de las correlaciones con un alto nivel de significancia los valores de R suelen explicar entre el 1% y el 7% de los datos, excepto la correlación de número de brazos/ semillas germinadas ($R= 0.18$) y altura de tallo/ semillas germinadas ($R=0.17$) donde se explican más de 18% y 17% respectivamente. Mientras que en los valores significativos la R suele explicar entre el 1% y el 6% de los datos.

En la **Fig. 28** se muestra de forma gráfica como es que se correlacionan los caracteres. En general, se observa que todos los caracteres se asocian entre sí, ya sea de forma directa o indirecta, sobre todo con caracteres del tallo. Además, en cuanto a caracteres asociados al daño podemos ver que en el caso de la flor este no se asocia a ningún otro carácter, caso contrario del daño en el fruto que se encuentra asociado al largo del fruto y el diámetro del brazo.

Tabla 4. Correlaciones lineales entre caracteres del propio y distinto órgano.

En la parte superior de cada celda el valor superior corresponde a R y el valor inferior a p . En este sentido, aquellas celdas marcadas en amarillo corresponden a correlaciones significativas, los anaranjados a significativos marginales y los verdes a correlaciones no significativas.

CARACTERES	Número de brazos	Diámetro de los brazos	Altura del tallo	Ancho corola	Largo corola	Largo flor	Largo pistilo	Daños en flor	Azúcares en néctar	Ancho del fruto	Largo del fruto	Peso total del fruto	Peso de la cáscara	Peso de la pulpa	Azúcares en pulpa	Daños en fruto	Germiación
Número de brazos		0.038 0.003	0.571 0.0001	NS	NS	NS	NS	NS	0.016 0.0004	NS	NS	NS	0.021 0.034	0.028 0.014	NS	NS	0.186 0.0002
Diámetro de los brazos			0.091 0.0001	NS	NS	0.037 0.0041	0.017 0.049	NS	NS	NS	0.057 0.0004	0.038 0.0035	0.027 0.015	0.030 0.010	0.024 0.023	0.021 0.030	NS
Altura del tallo				NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.179 0.0003
Ancho corola					0.579 0.0001	0.252 0.0001	0.260 0.0001	NS	0.021 0.0317	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.060 0.0001	NS
Largo corola						0.163 0.0001	0.252 0.0001	NS	0.020 0.035	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.033 0.0042	NS
Largo flor							0.362 0.0001	NS	0.051 0.0007	NS	0.077 0.0001	0.022 0.019	0.050 0.0004	NS	NS	0.059 0.0001	NS
Largo pistilo								NS	0.054 0.0005	NS	0.032 0.0046	NS	NS	NS	NS	0.038 0.002	NS
Daños en flor									NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Azúcares en néctar										NS	NS	0.021 0.023	NS	0.017 0.044	NS	NS	NS
Ancho del fruto											0.287 0.0001	0.698 0.0001	0.330 0.0001	0.660 0.0001	0.017 0.002	NS	NS
Largo del fruto												0.494 0.0001	0.294 0.0001	0.424 0.0001	NS	0.035 0.0001	0.067 0.029
Peso total del fruto													0.470 0.0001	0.923 0.0001	0.014 0.006	NS	NS
Peso de la cáscara														0.214 0.0001	NS	NS	NS
Peso de la pulpa															0.014 0.005	NS	NS
Azúcares en pulpa																NS	NS
Daños en fruto																	NS

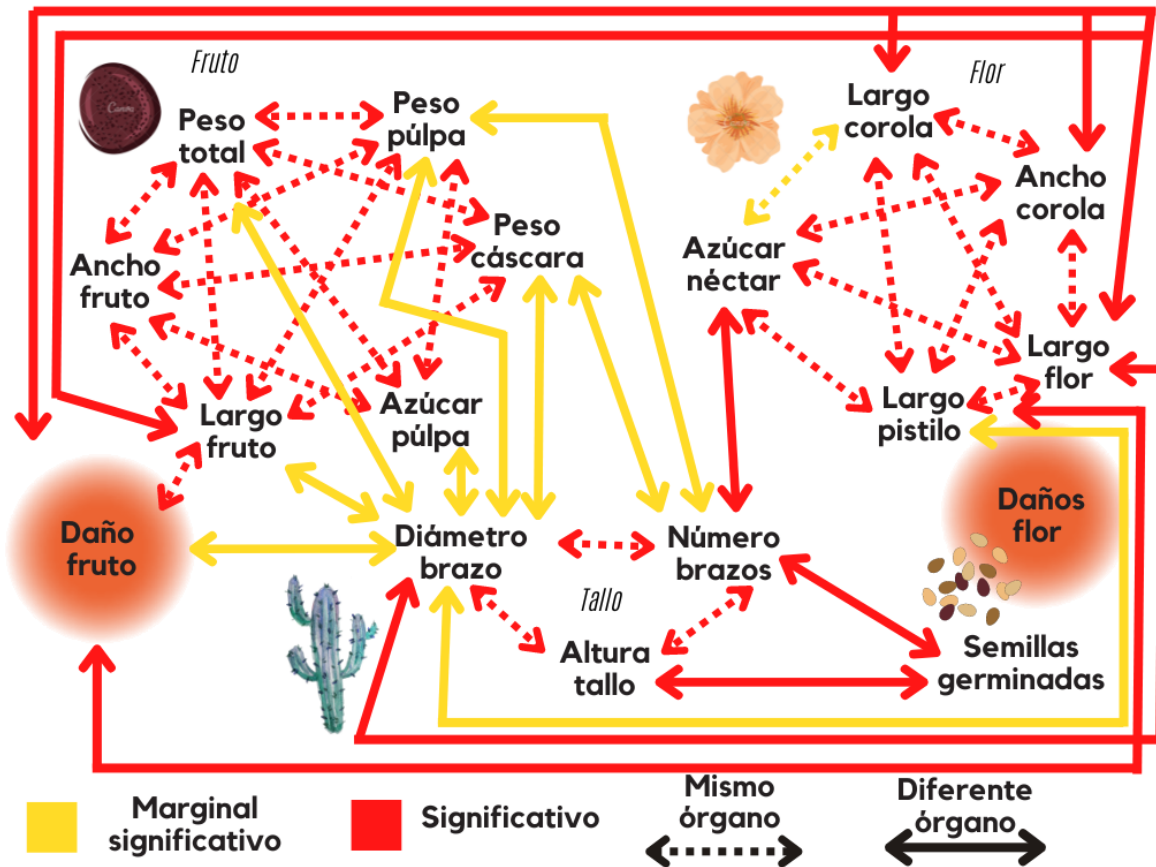


Figura 28. Correlaciones entre caracteres de los órganos de la pitaya. Las flechas en rojo representan correlaciones positivas significativas, mientras que aquellas de color amarillo representan correlaciones marginales significativas.

Variabilidad de los caracteres

En los análisis de componentes principales no se observó la formación de grupos discretos, a excepción de los caracteres del tallo:

a) Análisis de componentes principales con caracteres del tallo

En este órgano, los principales componentes explican el 92.2 % de la varianza total de los datos (Componente 1: 63.2% y Componente 2: 29%).

La **Fig. 29** muestra la formación de dos grupos discretos, Silvestres y cultivadas. En el caso de las Silvestres podemos notar que los caracteres poseen

un amplio rango de variación, tanto en la dimensión del diámetro de los brazos, como del número de brazos y la altura, mientras que en el rango de las cultivadas la variación se encuentra más acotada todas se empalman entre sí.

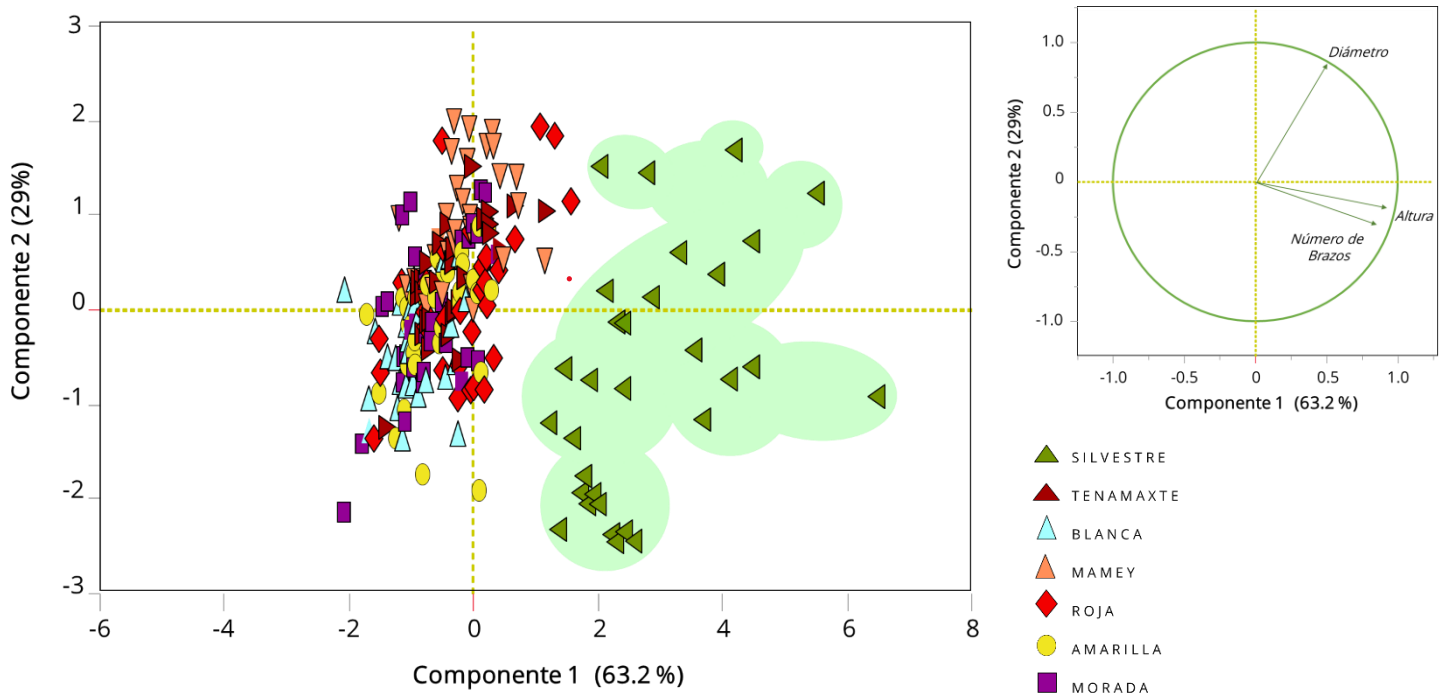


Figura. 29. Análisis de componentes principales con caracteres del tallo.

b) Análisis de Componentes Principales con caracteres de la flor

En este órgano, los principales componentes explican el 62.2 % de la varianza total de los datos (C1= 45.6% y C2= 17%). Y a pesar de que no se forman grupos discretos, sí se observa que el rango de variación es distinto, incluso se puede notar que las Silvestres y la variedad Mamey se separan del resto de las variedades con que se encuentran empalmadas, como se muestra en la **Fig. 30**.

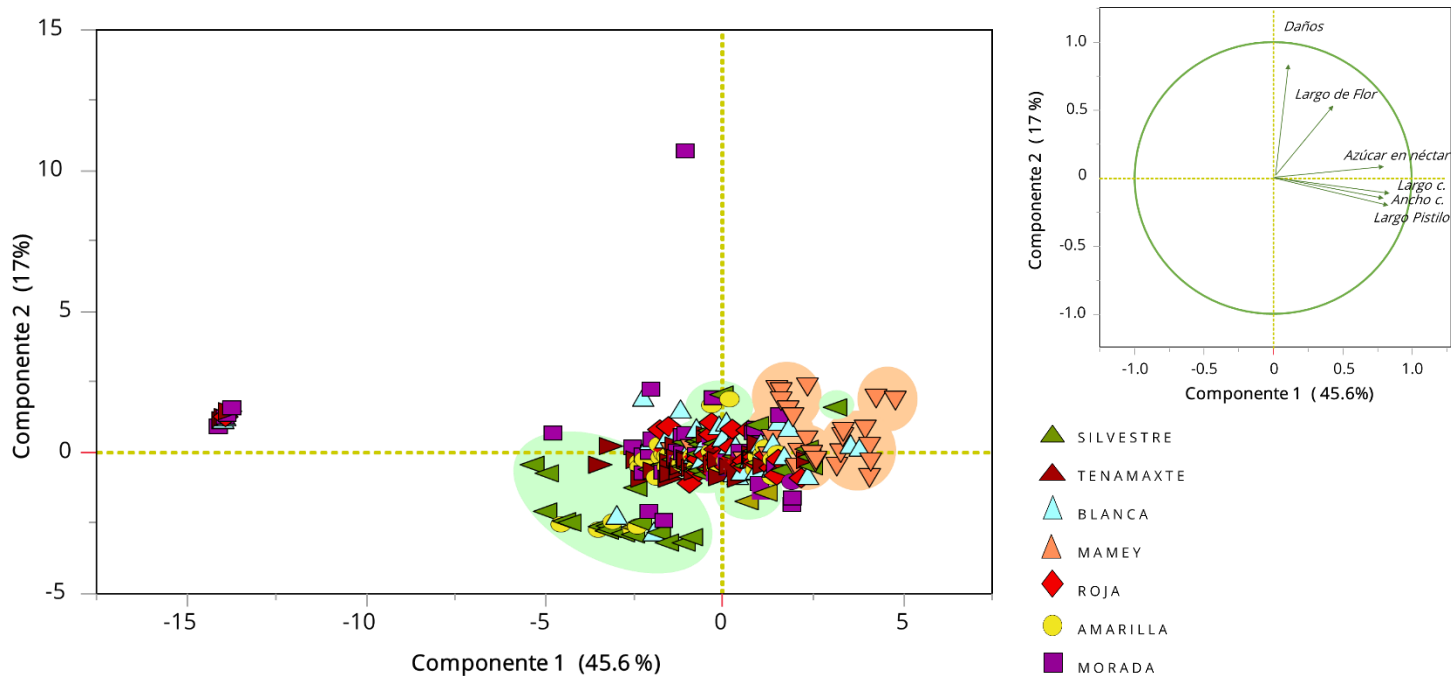


Figura. 30. Análisis de componentes principales con caracteres de la flor.

c) Análisis de Componentes Principales con caracteres del fruto

En el fruto (**Fig. 31**), los principales componentes explican el 61.6 % de la varianza total de los datos (C1 47.4% y C2 14.2%). Se observa que, opuesto a lo observado en la flor y el tallo, el rango de variación es amplio, tanto en las variedades cultivadas como en las Silvestres, efecto que es más notorio en la variedad Mamey), además de que se observa como Mamey es la que se mantiene más distante del resto de las variedades.

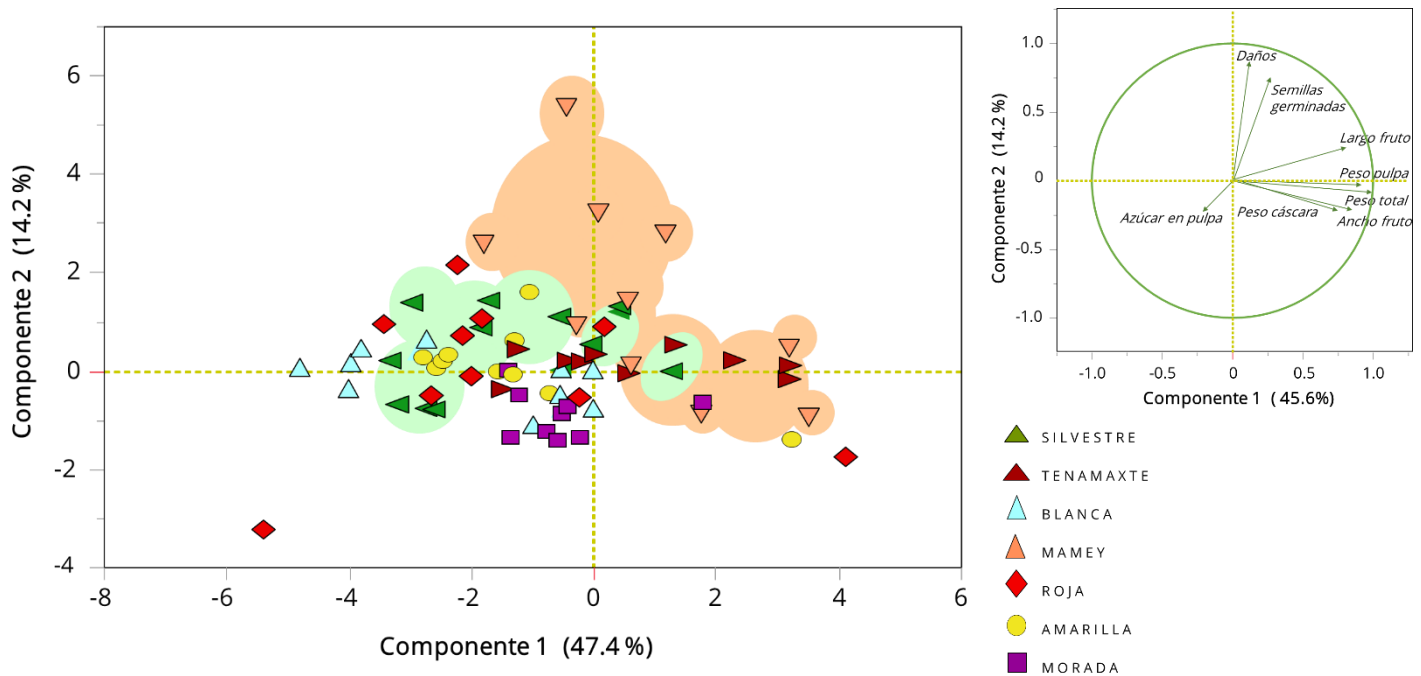


Figura. 31. Análisis de componentes principales con caracteres del fruto.

d) Análisis de Componentes Principales con el total de datos

En general, los componentes principales explican el 41.1% de la varianza total de los datos (C1 23.2% y C2 17.9%). Cabe señalar que, aunque no se observa la formación de grupos discretos, ni un empalme total de todas las variedades, se distingue como las variedades Mamey y Tenamaxtle son las que menos se sobrelapan, o visto de otra forma, las que más se alejan del resto de variedades y silvestres, y las otras variedades resultan estar más empalmadas entre ellas (**Fig. 32**).

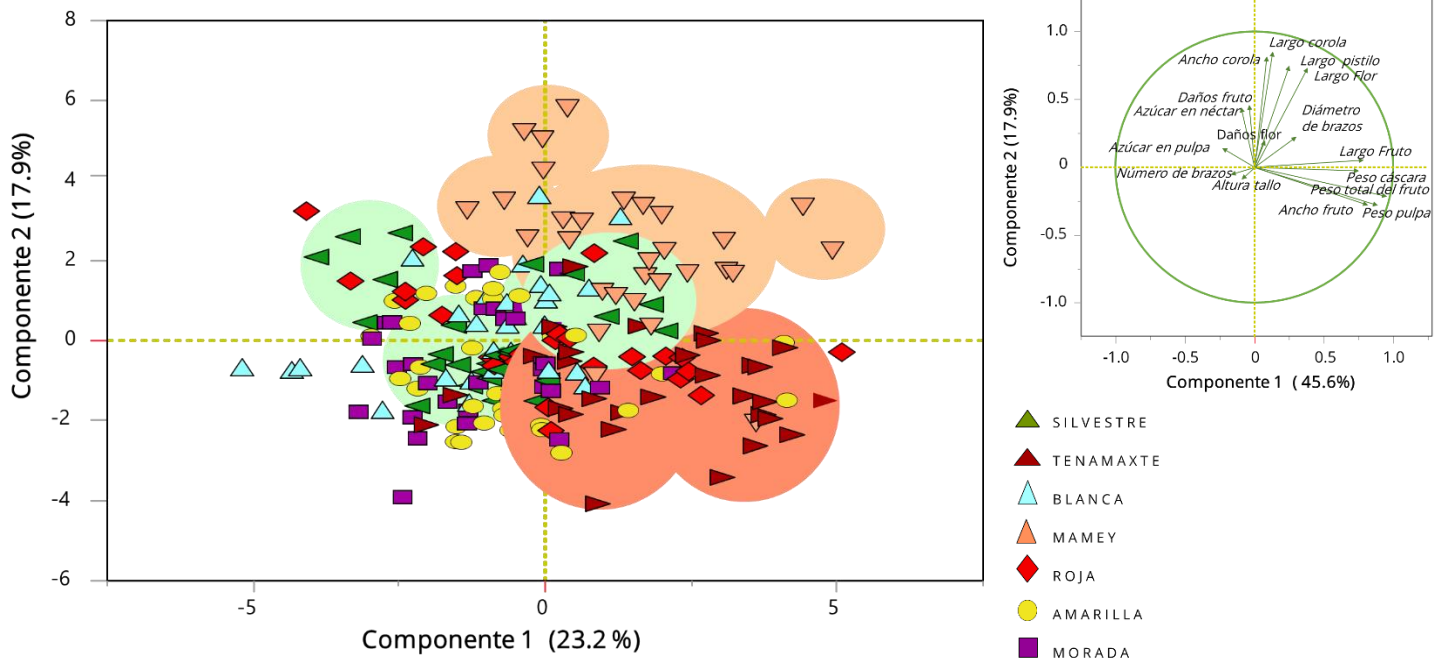


Figura. 32. Análisis de componentes principales con los caracteres medidos a todos los órganos.

IX. DISCUSIÓN

Preferencias y caracteres de importancia

Las preferencias de los agricultores sobre los caracteres de selección de *Stenocereus queretaroensis* son muy parecidos a los de otras especies del mismo género bajo selección artificial, como lo son *S. thurberi*, *S. stellatus* y *S. pruinosus*; (Pimienta-Barrios, 1997; Luna-Morales y Aguirre, 2010; Casas *et al.*, 2007; Parra *et al.*, 2010; Parra *et al.*, 2012). Esto a pesar de ser domesticados por distintas culturas, regiones e incluso en distintos momentos históricos. La selección artificial sobre las pitayas del género *Stenocereus* se ha centrado principalmente en el fruto, a pesar de que otros órganos como el tallo y las flores se usan con diversos fines, que van desde ornamentales hasta medicinales. Los caracteres preferidos

para seleccionar los pitayos por los agricultores recaen sobre las características del fruto como sabores más dulces y frutos más grandes (Pimienta-Barrios, 1997; Luna-Morales y Aguirre, 2010; Casas *et al.*, 2007; Parra *et al.*, 2010; Parra *et al.*, 2012). Así mismo, los agricultores prefieren tener plantas con frutos más fáciles de “pelar” (quitar las espinas) durante la postcosecha, lo cual, en nuestro estudio, mencionan los agricultores, se asocia al “agarre” de las areolas a la cáscara y en otros estudios más bien a una menor cantidad de espinas (Parra *et al.*, 2012).

Otros caracteres usados para la selección, que en nuestro estudio fueron poco mencionados, han sido reportados en la selección de otras especies de pitaya (*S. pruinosus* y *S. stellatus*), como lo son aquellos asociados a la prolongación de la temporada de fructificación (implementando el uso de variedades “tempranillas” y “tardías”), el aumento de producción (Luna-Morales *et al.*, 2001) y la resistencia al transporte, asociado al espesor de la cáscara (Parra *et al.*, 2012).

Sin embargo, el color que es un carácter de importancia para otros sistemas de producción pitayera (Pimienta-Barrios, 1997; Luna-Morales y Aguirre, 2010; Casas *et al.*, 2007; Parra *et al.*, 2010; Parra *et al.*, 2012) resultaron no ser de importancia para los agricultores del municipio de Techaluta, más que para la variedad Morada. Además, a diferencia de otros sistemas de estudio, en Techaluta se reporta una mayor cantidad de preferencias sobre caracteres asociados a la producción y comercialización. Incluso emergen caracteres asociados a la resistencia y salud del individuo, como lo fueron una “buena presentación” (explicada por poca/nula herbivoría en el fruto), la “plantación efectiva” (menor

cantidad de decesos en un plantío recién trasplantado) y la salud del tallo (resistencia contra enfermedades y plagas).

Al respecto, Parra y colaboradores (2012) menciona que estos cambios (detrimento y emergencia) en las preferencias de los agricultores se encuentran influenciados principalmente por el grado de comercialización en la comunidad. Lo cual corrobora el gran valor económico que representa este cultivo para el municipio de Techaluta, sobre todo para los agricultores que son quienes obtienen mayores ganancias en la cadena de producción, a diferencia de otros sistemas de producción de pitaya, (Tremlett *et al.*, 2021).

Preferencia sobre la variedad y su relación con la morfología del fruto

Para los agricultores Mamey resulta ser la variedad que reúne todas las características deseadas (mayor tamaño, con sabor dulce, de fácil manejo y mejor para transporte), por ello es la variedad que se incluye en todos los cultivos y la que mayor extensión de terreno abarca ellos (>80%). Sin embargo, los análisis morfológicos reflejan que esta variedad no posee el fruto más grande, ni los más pesados, ni los más dulces. Incluso, la mitad de los entrevistados opinan que no es la de mejor sabor. Por otro lado, es de las variedades que presentan más herbivoría en el fruto, lo cual da mal aspecto al fruto y limita su comercialización. Otras desventajas que posee esta variedad es su alta tasa de aborto floral, sus grandes brazos retienen mucha agua en tiempo de lluvias y llegan a caerse por la gran cantidad de agua que retienen, tiene una fenología inconveniente donde la producción se centra en un espacio de tiempo reducido y se llega a desperdiciar mucha fruta y su precio en el mercado disminuye considerablemente; además es

de las variedades que sufre mayor mortalidad en brazos en el post trasplante y de las más enfermizas.

Parece que las preferencias de los agricultores y la preferencia sobre la variedad son hasta cierto punto contradictorias, pues nuestros resultados en los parámetros morfológicos muestran que otras variedades podrían ser más apropiadas, como la Tenamaxte. Esta variedad posee las mayores dimensiones del fruto y a pesar de no ser tampoco de las más dulces, sufre menor herbivoría que la Mamey en el fruto, su fenología es temprana, no es muy susceptible a enfermedades y es señalada como una variedad resistente al transporte.

La característica que podría darle superioridad a la variedad Mamey y podría explicar su prevalencia en los cultivos es la facilidad de manejo que representa para los agricultores, ya que estos mencionaron con frecuencia que esta variedad suelta las espinas casi por sí sola al momento de la maduración. Esto se traduce en una menor cantidad de trabajadores, tiempo y esfuerzo empeñados durante la preparación de los frutos para su venta y resulta en mayores ganancias para el agricultor, debido a la baja inversión. Al respecto, Tremlett y colaboradores (2021) reportan que, en la cadena de producción de pitaya, precisamente los trabajadores involucrados durante la post cosecha son los que menores ganancias perciben mensualmente (por ejemplo, peladores Mex\$1.000 ± 198 EE).

Síndromes de domesticación

Los síndromes de domesticación manifestados en las plantas reflejan las preferencias “directas” o “indirectas” que los agricultores han impuesto sobre ellas.

En nuestro caso 8 de los 12 caracteres preferidos recaen directamente sobre el fruto, aunado a su importancia económica y social, consideramos a este como el órgano blanco de selección artificial, motivo por el cual las diferencias son más visibles en este órgano. Sin embargo, otros órganos no blancos están sufriendo también una diferenciación de sus antepasados silvestres producto de la modularidad de la planta.

En este estudio se encontraron varios de los síndromes de domesticación reportados en la literatura (Meyer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2017), lo cual hace contraparte a la hipótesis que señala a las plantas perennes como aquellas de menor cantidad de síndromes de domesticación muestran, debido a su baja tasa de reproducción sexual:

- a) **Disminución de la ramificación y enanismo en la planta:** en general las variedades domesticadas son considerablemente de menor altura y ramificación respecto a sus parientes silvestres, lo cual coincide con las preferencias de los agricultores; resultados similares han sido reportados por Casas *et al.* (2007) y Parra *et al.* (2012) en especies del mismo género *Stenocereus stellatus* y *S. pruinosus*, respectivamente. En cuanto a la variedad Blanca que es la de menor altura y ramificación, los agricultores no mencionan que haya alguna preferencia en especial sobre estos caracteres en esta variedad o algún tipo de poda en específico, lo cual podría significar que hay otra presión de selección involucrada.
- b) **Gigantismo:** este síndrome de domesticación es el más común, tanto en plantas anuales como en plantas perennes, sobre todo en el órgano blanco de domesticación (Cruz, 1985; Pimienta-Barrios, 1997, Meyer *et al.*, 2012).

En nuestro caso la variedad con el fruto más grande, respecto a los parientes silvestres, fue Tenamaxte y en segundo lugar Mamey, que son de las variedades más manejadas. Además, en el caso de la variedad Mamey se observa que otros órganos como el diámetro del tallo y las flores tienden al gigantismo. Caso contrario de las silvestres y otras variedades que poseen caracteres más variables y de menores dimensiones. En el caso de las flores, podríamos pensar que indirectamente al seleccionar el fruto y este poseer tejidos desarrollados a partir de la flor (planta madre) también sus flores tendieran al gigantismo, sin embargo, no resulta ser así pues las flores de la variedad Tenamaxte son medianas

- c) **Mayor susceptibilidad a enemigos naturales:** este síndrome de domesticación se relaciona a cambios fisiológicos y químicos asociados a la defensa (Chen *et al.*, 2017). A pesar de que esto debe corroborarse con pruebas químicas, la cantidad de daños por herbivoría que sufren las flores y los frutos puede considerarse como una evidencia indirecta. En este sentido Mamey resulta ser la variedad que mayor cantidad de daños por herbivoría presenta, tanto en flores como en frutos, mientras que variedades como Amarilla, Blanca, Tenamaxte y las Silvestres son las que menos daños presentan en ambos órganos. Y eso que Tenamaxte es también de las variedades más manejadas.
- d) **Cambios en las tasas de germinación:** comunmente se relaciona a este síndrome con la pérdida de la latencia o dormancia debido a cambios en la inversión de recursos en tejidos de reserva o a disminución de inhibidores de germinación en tegumentos (Finch-Savage y eubner-Metzger, 2006;

Chávez, 2017), sobre todo en cultivos propagados por semilla. O la aceleración de la germinación con fin de uniformizar la germinación en los cultivos (Díaz-Guillén, 2010). Sin embargo, muy poco se sabe sobre lo que sucede en plantas propagadas por esquejes. Nuestros datos muestran que, contrario a las tendencias encontradas en otros estudios, fueron las variedades criollas: Amarillo, Blanco, Morado y Rojo aquellas que se comportaron de manera diferente a las plantas Silvestres, obteniendo una menor germinación en el laboratorio. Mientras que Mamey y Tenamaxte fueron aquellas que, junto con las silvestres, obtuvieron de los mayores números de semillas germinadas. Quizá estos resultados podrían asociarse a la forma de propagación de las variedades a lo largo de su domesticación, por lo que se sugiere un estudio más a fondo.

Finalmente, nuestro estudio indica que no todas las variedades presentan la misma cantidad de rasgos con un síndrome de domesticación, debido a que hay variedades que se manejan más que otras, tal como lo menciona Pickersgill (2007) y Chen *et al.* (2017). En este caso, tal como se esperaba, logramos observar que la variedad más manejada, variedad Mamey, es aquella que posee mayor cantidad de síndromes de domesticación, por lo que morfológicamente es la más diferente a sus parientes Silvestres. Mientras que, en las demás variedades, la variación morfológica no presenta un patrón claro. Esto podría estarnos indicando que no todas se encontraron sometidas a la misma presión de selección artificial e incluso natural, como lo es la polinización llevada a cabo por los murciélagos que, a través de promover la reproducción sexual, incrementa la

varianza. fenómeno que es promovido en la zona ya que los murciélagos visitan indistintamente todas las variedades incluyendo a las silvestres en la zona.

Domesticación y su efecto en la defensa de las plantas

Nuestros datos coinciden indirectamente con la hipótesis de domesticación-reducción de defensas, pues la variedad de mayor manejo, preferencia y síndromes de domesticación (variedad más domesticada) tiende a ser la más atacada y dañada por sus enemigos naturales, en comparación con las plantas Silvestres (Whitehead, et al., 2017; Hernández-Cumplido et al., 2021). Cabe señalar que esta tendencia se observó principalmente en las flores y los frutos, a diferencia de Leyva y colaboradores (en preparación) que reportan un menor daño en el tallo de la variedad más domesticada. Esto quizá se deba a que, según Whitehead, et al. (2017), la reducción de la resistencia es más fuerte en órganos reproductores, sobre todo cuando este es el órgano blanco (flores, frutos y semillas), que en los órganos vegetativos fotosintéticos (hojas y tallos).

Turcotte y colaboradores (2015) señalan que la disminución de la defensa en plantas domesticadas puede deberse a: 1) una selección directa y negativa sobre caracteres químicos asociados a la defensa que resultan desagradables o tóxicos para el humano; 2) una selección directa y positiva sobre caracteres que representen mayor disponibilidad del recurso (nutrientes o el tamaño) tanto para el humano como para los herbívoros; y 3) una selección dirigida a la producción que compromete la inversión de energía a otras áreas como el crecimiento y la defensa.

Este trabajo no tuvo como objeto evaluar estas hipótesis, por lo que se necesitan estudios más a fondo. Sin embargo, estudios posteriores deberían considerar tendencias aquí encontradas:

- Las flores fueron los órganos con mayor cantidad de daños, cuando lo que se espera según la hipótesis de la palatabilidad es que el órgano blanco, en nuestro caso el fruto, fuera el más afectado (Moreira *et al.*, 2018). Ni hubo una diferencia significativa en la concentración de polifenoles de silvestres y domesticadas (datos no publicados), cuando lo que se espera es que las variedades más domesticadas tiendan a disminuir estos compuestos.

La variedad Tenamaxte, que es la de frutos más grandes, y por ende la que representa una mayor disponibilidad de alimento para los herbívoros (Chen y Welter 2003) no presenta tanta cantidad de daños como los frutos de la variedad Mamey. Y las variedades con mayor cantidad de azúcares tanto en el néctar como en la pulpa no son las más atacadas por herbívoros. Ni siquiera silvestre presenta tantos daños como Mamey, a pesar de que en otros estudios de *S. queretaroensis* se reporta como aquella de mayor cantidad de proteínas y carbohidratos (Arriaga-Ruiz *et al.*, 2015).

Correlaciones entre órganos y su relación con la hipótesis de compensación de recursos

Las pocas correlaciones significativas y la baja varianza (R) que obtuvimos también se han reportado en otros estudios, los cuales han explicado que estas tendencias pueden deberse a una domesticación temprana del cultivo, como en el

caso del cultivo de uvilla (*Pourouma cecropiifolia*) (Pedrosa *et al.*, 2018) y/o debido a que el cultivo responde a distintas presiones de selección (Pedrosa *et al.*, 2018; Whitehead y Poveda, 2019).

No obstante, encontramos correlaciones asociadas a la defensa y a la hipótesis de compensación de recursos, como lo es la correlación entre caracteres de órganos sexuales (flor, fruto y semilla) y la arquitectura de la planta (altura, número de ramificaciones y diámetro del brazo). Chen y Romena (2008) reporta que una reducción en la ramificación impide a la planta compensar daños recibidos al meristemo apical al reducir la superficie donde se lleva a cabo la fotosíntesis. Mientras que otros investigadores reportan que la reducción de la altura en las plantas disminuye también la cantidad de fotosintatos disponibles que se invierten en el endospermo de las semillas (Pedrosa *et al.*, 2018; Whitehead y Poveda, 2019). En nuestro estudio esto llama la atención, sobre todo, porque el daño causado en el fruto se correlaciona con el ancho del brazo y al largo del fruto, que a su vez se correlaciona con el largo de la flor y este con el diámetro del brazo. Lo que podría indicar que, en este sistema de pitaya, la baja resistencia a enemigos naturales puede estarse dando por un compromiso energético al asignar mayor cantidad de fotosintatos hacia la reproducción, en vez de la defensa.

No obstante, es de importancia señalar que el daño en la flor no se asocia a ningún carácter, ni de su propio órgano ni de ningún otro. Esto nos lleva a pensar que quizás la disminución en la defensa es causada por un factor diferente en cada órgano o por múltiples factores a la vez.

Grados de domesticación y divergencias intra-variedad

Todas las variedades aquí analizadas tienen un alto solapamiento de sus caracteres morfológicos con los individuos Silvestres. Esto significa que sigue existiendo una fuerte integración fenotípica, y por ende genética entre estas, lo cual sugiere que aún existe un alto flujo génico entre poblaciones silvestres y manejadas (Casas *et al.*, 2007). El único carácter que parece separar a las variedades silvestres de las cultivadas es el tallo (órgano no blanco). Esto puede estar hablando de que: 1) las preferencias sobre este órgano son muy uniformes en plantas domesticadas, es decir baja altura y poca ramificación y 2) tal como sucede en otras especies, la altura y la ramificación no sean rasgos que se logren transmitir (Colombo, 2019).

Por otro lado, la literatura reporta datos inconsistentes en cuanto a que sí la domesticación aumenta el rango de variación de los caracteres (Chen *et al.*, 2017) o la reduce (Thuillet *et al.*, 2005; Pickersgill, 2007). Nuestros datos indican que el rango de variación se ve reducido en el órgano no blanco de selección artificial, mientras que en el órgano blanco este rango de variación aumentará sobre todo en la variedad de mayor manejo (Mamey), lo cual según Pickersgill (2007) & Parra y colaboradores (2012) nos podría estar hablando de que la variedad Mamey es aquella con mayor grado de domesticación. Sin embargo, son necesarios estudios genéticos e históricos para determinarlo. Sobre todo, porque no sabemos si esta variedad surgió de un evento de hibridación y posteriormente fue seleccionada e introducida a sus cultivos o fue a través de eventos de domesticación incipiente (dentro y fuera de sus campos de cultivo) que se modificó sus caracteres (Pickersgill, 2007; Miller y Gross, 2011; Gross *et al.* 2014; Chen *et al.*, 2017);

Finalmente podemos decir que el cultivo de la pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) en el municipio de Techaluta de Montenegro resulta ser un importante reservorio de diversidad morfológica, y seguramente genética, debido a el mantenimiento de la diversidad silvestre y de la diversidad en los campos de cultivo (Casas *et al.*, 2007; Parra *et al.*, 2012). Además de que sigue permitiendo el intercambio genético entre silvestres y domesticados, gracias a la polinización por murciélagos del género *Leptonycteris* (Tremlet *et al.*, 2022).

Dirección de domesticación y manejo del cultivo

En este municipio aún se mantienen actividades relacionadas con un manejo tradicional: introducción de material vegetal silvestre hacia los cultivos y recambio de material vegetal entre los agricultores del mismo u otros municipios, lo cual dota de diversidad a los cultivos; reconocimiento y uso de más de una variedad en los cultivos, incluso el implemento de otras especies agrícolas; además de la implementación de actividades de bajo impacto que ayudan a dar mantenimiento a los cultivos como la poda, el riego, arado, composta y limpieza del terreno (“desmonte”). No obstante, estas actividades cada vez son practicadas en menor frecuencia, mientras que las actividades ligadas a la intensificación son lo común: menor uso de variedades y mayor extensión de cultivo 70-80% de una sola variedad (Mamey); un desprecio por las plantas silvestres al producir frutos considerados de baja calidad; un creciente y diversificado uso de fertilizantes-plaguicidas químicos que son dañinos para el medio ambiente y para los organismos que se alimentan tanto del fruto como del néctar, como polinizadores

(Tremlet *et al.*, 2020); y la pérdida de parientes silvestres a causa de la desvalorización por parte de los agricultores, la mancha urbana y las actividades agrícolas, además de otras problemáticas ambientales (Engels *et al.*, 2006; Macías, 2008; FAO, 2011; Blancas *et al.*, 2013).

Queda claro, en este caso, que el cambio de un tipo de manejo a otro se encuentra meramente impulsado por la importancia económica que representa el cultivo de pitaya para los productores de este municipio y para aquellos coludidos en esta cadena de producción. Sin embargo, es importante reflexionar que un manejo intensivo podría resultar sumamente perjudicial, para la diversidad de esta especie, para la diversidad de poblaciones asociadas al cultivo y por ende para la economía de este municipio. Por ello es necesario que las alternativas se basen en recuperar prácticas del manejo tradicional y que se busque cambiar la direccionalidad de la domesticación que actualmente se encuentra basada en la producción intensiva de la variedad Mamey.

X. CONCLUSIÓN

- Debido a la importancia económica, que representa el cultivo de la pitaya para los agricultores de Techaluta de Montenegro, actualmente se da preferencia a caracteres asociados al comercio, lo cual ha llevado a modificar los criterios selectivos y el manejo que emplean los agricultores; es decir se está relegando el manejo tradicional por un manejo intensivo que no es sostenible. Esto se ve reflejado en la preferencia sobre la variedad Mamey que, a pesar de no poseer los frutos más dulces, ni los

más grandes y que además es la más “delicada”, es la variedad con mayor extensión de cultivo en todo el municipio.

- Mamey es la variedad con mayor cantidad de caracteres con un síndrome de domesticación, lo cual la hace distinta fenotípicamente a sus parientes silvestres (estas diferencias son más notorias en el órgano blanco: el fruto) y refiere a que es la variedad más domesticada. La mayor cantidad de herbivoría que sufre esta variedad coincide con la hipótesis de domesticación- reducción de defensas, aunque no queda claro qué rasgos son los que ocasionan un mayor ataque por herbívoros, si se puede apreciar que es más de un factor el que lo propicia. Y que una posible explicación sea la reducción de defensas debida a un cambio en la asignación de recursos.
- A pesar de que Mamey ocupa más del 80% de extensión de cultivo, en el municipio aún se conserva, sobre todo en cultivos de traspatio, una gran variación morfológica que supera a la variación observada en las plantas silvestres, lo que nos lleva a decir que la domesticación de la pitaya en este lugar resulta en un reservorio de diversidad fenotípica, no solo de la planta, sino también de las especies asociadas a este cultivo. Por ello es importante que se promueva una mayor proporción y uso de más variedades en los cultivos.

XI. REFERENCIAS

- Anaya, L. A., Espinosa-García, F., Cruz-Ortega, R. (2001). Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y Perspectivas de su Aplicación. *Plaza y Valdés, S. A. de C. V. México. página: 608- 630.*
- Arriaga-Ruiz, M. C., Neri-Luna, C., Pimienta, E. y Sánchez Martínez, J. (2015). El fruto del pitayo silvestre (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional y socioeconómica en época de estiaje. *Ciencias Naturales y Agropecuarias, 2,362–36.*
- Bárcenas-Abogado, P, y V. Jiménez-Castañeda. (2010). Pitayas y Pitahaya (*Stenocereus* spp. e *Hylocereus* spp.), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán Puebla. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente 10(19): 110-119.*
- Beltrán-Orozco, M.C., T.G. Oliva-Coba, T. Gallardo-Velázquez y G. Osorio-Revilla. (2009). Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Agrociencia 43(2): 153-162.*
- Benrey, B., Callejas, A., Ríos, L., Oyama, K. y Denno, R.F. (1998): The effects of domestication of *Brassica* and *Phaseolus* on the interaction between phytophagous insects and parasitoids. *Biol. Control (11): 130–140.*
- Blancas, J. A., Casas, D., Pérez-Salicrup, J. Caballero y E. Vega. (2013). Ecological and socio- cultural factors influencing plant management in Nahuatl communities of the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 9(1): 39.*
- Boege, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México.
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., y Valiente-Banuet, A. (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Ann. Bot. (100): 1101-1115.*
- Casas, A., Torres-Guevara, A. y Parra-Rondinel, F. (2017). Domesticación en el continente americano. (2). *Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo. Editorial Morevalladolid, Morelia, México.*
- Cerón-González, C., E. Rodríguez-Leyva, J.R. Lomeli-Flores, C.E. Hernández-Olmos, R. Peña-Martínez y G. Mora-Aguilera (2012.) Evaluación de insecticidas sintéticos sobre adultos de *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae)

procedentes de Tlalnepantla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(2): 217-229.

Chacón-Fuentes, M., Lizama, M., Parra, L., Seguel, I. y Quiroz, A. (2016). Insect diversity, community composition and damage index on wild and cultivated murtilla. *Cien. Inv. Agr.* 43(1):57-67.

Chen, H. Y., Gols R. y Benrey B. (2017). Crop Domestication and Its Impact on Naturally Selected Trophic Interactions. *Annual Review of Entomology.* (60):35-58.

Chen, Y.H. y Welter, S.C. (2003). Confused by domestication: incongruent behavioral responses of the sunflower moth, *Homoeosoma electellum* (Lepidoptera: Pyralidae) and its parasitoid, *Dolichogenidea homoeosomae* (Hymenoptera: Braconidae), towards wild and domesticated sunflowers. *Biol. Control* 28(2):180–90.

Chen, Y.H y Romena, A. (2008). Rice domestication decreases tolerance to the yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas*. *Int. Rice Res. Notes* 32(2):21–27.

Cruz, H., J. P. (1985) Caracterización del fruto de 4 tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Tesis de M.C., Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.*

Díaz-Guillen, F. (2010). El proceso de domesticación en plantas. *Casa del tiempo* (28):66-70.

Engels, J. M. M., A. W. Ebert, I. Thormann y M. C. d. Vicente. (2006). Centres of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53(8): 1675-1688.

FAO. 2011. Situación de los Recursos Genéticos Forestales en México. Informe Final del proyecto TCP/MEX/3301/MEX (4). FAO, México.

FAO. (2018). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Recuperado el 24 de noviembre del 2018.

Finch-Savage, W.E. y G. Leubner-Metzger. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171, 501-523.

Gepts, P., y Papa, R. (2002). Evolution during domestication. *Encyclopedia of life Sciences.* Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group.

Gepts, P. (2010). Crop domestication as a long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews*, 24 (2).

Gobierno del estado de Jalisco. (2017). Municipios de Jalisco, Techaluta de Montenegro. Última modificación 14 de febrero del 2013. Recuperado el 23 de noviembre del 2018 de: www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/techaluta-de-montenegro

Gols, R., Bukovinszky, T., Van Dam, N. M., Dicke, M., Bullock, J. M., y Harvey, J. A. (2008). Performance of generalist and specialist herbivores and their endoparasitoids differs on cultivated and wild *Brassica* populations. *J Chem Ecol* (34);132–143.

González, Q. L. (1972). La cactáceas subfósiles de Tehuacán, Puebla. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 17(1): 3-15.

Gross, B., Henk, A., Richards, C., Fazio G. y Volk G. (2014). Genetic Diversity in *Malus domestica* (Rosaceae) through time in response to domestication. *American Journal of Botany* 101 (10): 1770 – 1779.

Gudiño, W. y de la Barrera E. (2014). Fenología reproductiva y tolerancia a temperaturas altas en *Stenocereus queretaronsis*. *Polibotánica* (37): 63-78.

Hernández-Cumplido, J., Rodríguez-Saona, C., Ruíz-Rodríguez, C.E., Guevara-Fefer, P., Aguirre-Paleo, S., Miranda-Trejo, S. y Callejas-Chavero, A. (2021). Genotypic Variation in Plant Traits, Chemical Defenses, and Resistance Against Insect Herbivores in Avocado (*Persea americana*). Across a Domestication Gradient. *Front. Agron.* (2):616553.

Hernández-Cumplido, J. y Chávez-Pesqueira, M. (2021). Las consecuencias de vivir mucho o poco en el proceso de domesticación. *Desde el Herbario CICY* (13): 217-221.

Hernandez-Cumplido, J., Giusti, M. M. Zhou Y., Kyrczenko-Roth, V., Chen Y. H., y Rodríguez-Saona, C. (2018). Testing the “plant domestication-reduced defense” hypothesis in blueberries: the role of herbivore identity. *Arthropod. Plant. Interact.* (12), 483–493.

Hocdé, H. (2006). Fitomejoramiento participativo de cultivos alimenticios en centro américa: panorama, resultados y retos. Un punto de vista externo. *Agronomía Mesoamericana* (17): 003. 291-308 pp.

- Hunt, D. R. (1992). CITES: Cactaceae Checklist Royal Botanic Gardens Kew & International Organization for Succulent Plant Study. Whitstable Litho Ltd Whitstable Kent, U. K.
- Ibarra-Cerdeña, C. N., Iñiguez-Dávalos, L. I. & Sánchez-Cordero, V. (2005). Pollination ecology of *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae), a chiropterophilous columnar cactus, in a tropical dry forest of Mexico. *Am. J. Bot.* 92, 503–509.
- IIEG. (2017). Techaluta de Montenegro. Diagnóstico del Municipio noviembre 2017. Inst. de Información Estadística y Geográfica.
- Jardón-Barbolla, L. (2015). De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas. *Interdisciplina* 3, (5): 99-129.
- Koinange, E. M. K., Singh, S.P y Gepts, P. (1996). Control genético del síndrome de domesticación en frijol común. *Crop Science* 36:1037-1045.
- Kwak, M., Kami, J. A y Gepts, P. (2009). The Putative Mesoamerican Domestication Center of *Phaseolus vulgaris* Is Located in the Lerma–Santiago Basin of Mexico. *Crop Science Society of America. USA. Crop Sciences (49): 554-566.*
- Leyva-Gutiérrez, B. (2022). Evaluación del efecto ecológico de la domesticación de la pitaya (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) sobre la asociación de comunidades de artrópodos en Techaluta de Montenegro, Jalisco. *Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.*
- Luna-Morales, C. y Aguirre, J.R. (2010). Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. y *S. stellatus* (Pfeiff.) Riccob. (Cactaceae) en la Mixteca Baja, México. *Rev Fitotec Mex* 2001, 24:213–221.
- Macías, M, A. (2008). Costos ambientales en zonas de coyuntura agrícola: La horticultura en Sayula (México). *Agroalimentaria*, 13(26), 103-118.
- Meyer, R. S., Duval A.E. y Jensen H.R. (2012). Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist*(196): 29-48.
- Miller, A.J. y Gross, B.L. (2011). From forest to field: perennial fruit crop domestication. *American Journal of Botany* 98 (9): 1389–1414.

Moreira, X., Abdala-Roberts, L. y Gols, R. (2018). Plant domestication decreases both constitutive and induced chemical defences by direct selection against defensive traits. *Sci Rep* (8);12678.

Parra, F., Blancas, J., y Casas, A. (2012). Landscape management and domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley: human guided selection and gene flow. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(1), 32.

Parra, F., Casas, A., Peñaloza-Ramírez, J. M., Cortés-Palomec, A. C., Rocha-Ramírez, V., y González-Rodríguez, A. (2010). Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, Mexico. *Annals of Botany*, 106(3), 483–496.

Parra, F., Blancas, J., y Casas, A. (2012). Landscape management and domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley: human guided selection and gene flow. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(1), 32.

Pedrosa, H. C., Clement, C. R., y Schietti, J. (2018). The Domestication of the Amazon Tree Grape (*Pourouma cecropiifolia*) under an Ecological Lens. *Frontiers in Plant Science*, 9.

Pickersgill, B. (2007). Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. *Ann. Bot.* 100, 925–940.

Pimienta-Barrios, E. (1999). Productividad y ecofisiología del pitayo de Querétaro (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum). Tesis. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 130 p.

Pimienta-Barrios, E. (1999). El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Guadalajara, Jalisco, Universidad de Guadalajara, *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias: Fundación Produce Jalisco*: 254pp.

Pimienta-Barrios, E., S. Nobel, Park., Robles-Murguía, Celia., Méndez-Morán, Lucila., Pimienta-Barrios, Enrique., y Yopez-Gonzalez, Enrico. (1997). Ethnobotany, productivity, and ecophysiology of pitaya (*Stenocereus queretaroensis*). *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2, 29-47.

Pimienta-Barrios, E. y P.S. Nobel. (1994). Pitaya (*Stenocereus spp.*, Cactaceae): an ancient and modern fruit crop of Mexico. *Economic Botany* 48(1): 76-83

Rodriguez-Saona, C, Vorsa, N, Singh, A.P., Johnson-Cicalesse, J., Szendrei, Z., Mescher, M.C. y Frost, C.J. (2011). Tracing the history of plant traits under domestication in cranberries: potential consequences on anti-herbivore defences. *Journal of Experimental Botany* (62): 2633–2644.

SIAP, 2015. SAGARPA, México. <http://www.gob.mx/siap/>

Tremlett, C. J., Peh, K.S.H., Zamora-Gutiérrez, V. y Schaafsma, M. (2021). Value and benefit distribution of pollination services provided by bats in the production of cactus fruits in central Mexico. *Ecosystem Services* (47): 101197.

Tremlett, C. J., Moore, M., Chapman, M. A., Zamora-Gutierrez, V., y Peh, K. S. H. (2020). Pollination by bats enhances both quality and yield of a major cash crop in Mexico. *Journal of Applied Ecology* 57(3): 450-459.

Thuillet, A. C., T. Bataillon, S. Poirier, S. Santoni, and J. L. David. (2005). Estimation of long-term effective population sizes through the history of durum wheat using microsatellite data. *Genetics* (169): 1589 – 1599.

Turcotte, M. M., Lochab, A. K., Turley, N. E., Johnson, M. T. J. y Irwin, R. (2015). Plant domestication slows pest evolution. *Ecology Letters*, 18(9), 907–915.

Vavilov N. (1926) Studies on the origin of cultivated plants. Boletín de botánica aplicada.

Villaseñor, J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3): 160-167.

Whitehead, R. S., Turcotte, M. M. y Poveda K. (2017). Domestication impacts on plant-herbivore interactions: a meta-analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372(1712)20160034.

Whitehead, R.S. y Poveda, K. (2019). Resource-allocation trade-offs and the loss of chemical defenses during apple domestication. *Annals of Botany* 123(6):1029-1041.

XII. ANEXOS

ANEXO 1. ENTREVISTA SEMI-ESTRUCTURADA DIRIGIDA A AGRICULTORES DE PITAYA EN TECHALUTA DE MONTENEGRO, JALISCO					
Nombre:			Sexo: M / F		Edad:
¿Cuántos años lleva dedicándose al cultivo de Pitaya?			¿Su producción es local o de extensión?		L / E
¿Cuántas plantas/ha tiene?				¿Cuántas variedades tiene?	
¿Cuáles variedades y en qué proporción las tiene?*					
¿Cuántos años tienen sus cultivos?			¿Cómo los propaga?		a) Por semilla b) Por esquejes
¿De dónde provienen?		a) Del monte b) Compra o regalo c) Otro _____			
¿Cultiva alguna otra cosa en su terreno, además de pitaya?		NO / SÍ	¿Qué?		
¿Qué tipo de manejo le hace en su plantación y con qué frecuencia (Riego, uso de fertilizantes, etc)?					
¿Reconoce las variedades aun cuando no hay fruto?		NO / SÍ	¿Con qué otra característica las distingue?		
¿Ha notado diferencias en el rigor de alguna variedad?		NO / SÍ	¿Qué característica y qué variedad?		
¿Hay alguna variedad que necesite más cuidados?		NO / SÍ	¿Cuál?		
¿Hay alguna variedad que se propague con mayor facilidad por esquejes?			NO / SÍ	¿Cuál?	

¿Ha notado usted que las flores, los frutos o el tallo de alguna variedad sufra mayor herbívora?				NO / SI	
¿Cuál y en qué órgano?					
¿Hay alguna variedad que aborte más que otra?		NO / SÍ	¿Cuál?		
¿El aborto es antes o después de florecer?					
¿Cuáles son las características que prefiere usted que posean sus plantas (tamaño, rendimiento, sabor, etc)?					
¿Con qué parte de la planta comercializa?					
Aparte de consumo, ¿existe algún otro uso que le den a la planta de Pitaya?				NO / SI	¿Qué órgano?
¿Cuál uso?		a) Medicinal b) Ornamental c) Leña d) Otro			
¿Qué variedad le da mayor producción de frutos?					
¿Qué variedad, de las que tiene, comienza a fructificar antes o después de la "privanza o providencia"?					
¿Qué variedad le deja mayor ganancia económica?					
¿Por qué?					
¿Qué variedad tiene mejor sabor?					
¿Hay alguna variedad de su preferencia?		NO / SÍ	¿Por qué?		
¿Por qué si x variedad es de su preferencia, por qué sigue plantando otras variedades?					
¿En sus plantas ha logrado cambiar algunas características, ya sea porque le facilite su manejo o porque prefiere algo de ellas? De ser así, ¿qué variedad es?, ¿cuáles son las características que cambió y cuáles son las razones?					
¿Aparte de su cosecha, recolecta y/o consume frutos de plantas silvestres?				NO / SI	¿Por qué?
¿En su pitayera permite crecer plántulas de pitaya nacidas de semilla?			¿Por qué?		
¿Sabe cuál de las variedades fue la primera que se empezó a cultivar en Techaluta?					

¿Sabe de alguna/s variedades introducidas recientemente?

--

NOTAS:

--