

Etnobotánica y domesticación de la Pitaya Mixteca (Pachycereae, Cactaceae) en México

CÉSAR DEL C. LUNA-MORALES

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México 56230, México.
cesarl@taurus1.chapingo.mx

Abstract. A literature and cartographic revision, interpretation of aerial photos and several field trips were used to select ten localities where 24 informants were interviewed and more than 300 fruits in 21 cultivated, tolerated and wild populations of columnar cacti (Pachycereae) of the Mixteca Baja region of central Mexico were measured. Information is given on folk classification, management and uses, as well as on the variation in fruit morphology and the possible domestication of these plants.

Key words: Cactaceae, Domestication, Ethnobotany, Mixteca, Pachycereae, Pitaya, *Stenocereus*

Resumen. Mediante revisión documental y cartográfica, interpretación de fotografías aéreas y recorridos regionales se seleccionaron 10 localidades donde se entrevistó a 24 informantes y se midieron 18 atributos morfológicos en más de 300 frutos pertenecientes a 21 poblaciones entre cultivadas, toleradas, abandonadas y silvestres de cactus columnares (Pachycereae) en la Mixteca Baja del centro de México. Se obtuvo información sobre la nomenclatura, el aprovechamiento tradicional, la variación morfológica del fruto y la posible domesticación de estas plantas.

Palabras clave: Cactaceae, Domesticación, Etnobotánica, Mixteca, Pachycereae, Pitaya, *Stenocereus*

INTRODUCCIÓN

El cultivo y domesticación de plantas perennes ha sido muy importante para la subsistencia en Mesoamérica, más del 60% de las plantas reconocidas como domesticadas son perennes y de éstas la mayoría son de frutos comestibles, pero en estos recuentos solo se incluye una cactácea columnar de frutos no comestibles, utilizada para cercar (MACNEISH 1992; HERNÁNDEZ X. 1993). México es centro de origen y diversidad de cactáceas columnares (GIBSON & HORAK 1978) y algunas de ellas han sido importantes para el desarrollo de culturas de meso y aridoamérica. En estas regiones, además del aprovechamiento de poblaciones espontáneas, se han cultivado (proporcionándoles un ambiente físico-biótico más favorable) cerca de 48 especies de cactáceas y domesticado (que involucra la selección de ciertos caracteres morfofisiológicos de origen genético) alrededor de 15; de las columnares se han documentado 20 cultivadas y sólo tres domesticadas, una para cerco vivo (*Pachycereus marginatus*) y dos (*Stenocereus stellatus* y *S. pruinosus*) por sus frutos. De las 22 a 24 especies del género

Stenocereus, alrededor de 20 se encuentran en México de las cuales diez son cultivadas y hay indicios de domesticación de unas seis (GIBSON & HORAK 1978; ZEVEN & DE WET 1982; SÁNCHEZ MEJORADA 1984; MACNEISH 1992; HERNÁNDEZ X. 1993; CASAS *et al.* 1997, 1999a,b; LUNA-M & AGUIRRE 2001a,c)

En el valle de Tehuacán, y seguramente también en la adyacente Mixteca Baja, se han aprovechado frutos, semillas y tallos de cactáceas columnares desde hace más de 8,000 años, según lo muestran los fechamientos con radiocarbono de restos vegetales y semillas provenientes de coprolitos, y se sugiere que pudieron haberse ya cultivado algunas hacia el 500 d.C. (CALLEN 1967; SMITH 1967; GONZÁLEZ Q. 1972; WINTER *et al.* 1984). En efecto, actualmente es posible observar numerosas comunidades vegetales asociadas a ruinas prehispánicas y coloniales, cuya estructura contrasta notablemente con otras comunidades (LUNA-M. & AGUIRRE 2001b). A pesar de la escasa investigación arqueológica en la Mixteca Baja, es posible hablar de una lengua propia y centros urbanos hacia 500 a.C., desarrollo que continuó hasta la llegada de los españoles (HOPKINS 1984;

WINTER 1996).

La Mixteca Baja o región Nuiñe, ubicada entre los 1,000 y 1,900 msnm, hacia los límites de Oaxaca, Guerrero y Puebla, comprende cerca de 10,000 km² de sierras, lomeríos, cañadas y pequeños valles semicálidos y subhúmedos a semiáridos de la cuenca superior del río Balsas. En estos ambientes restrictivos, al menos 12 especies de cactáceas columnares forman parte de matorrales xerófilos y bosques tropicales caducifolios y complementan la subsistencia y el ingreso monetario en más de 50 localidades (LUNA-M. 1999). Gran parte de estos ecosistemas se encuentran muy perturbados por el aprovechamiento milenario, al que en los últimos siglos se ha sumado la ganadería, proceso durante el cual se ha deteriorado el ambiente y algunas de estas cactáceas han disminuido sus poblaciones; esta situación ha favorecido la migración de sus habitantes y la pérdida y menosprecio de la cultura tradicional.

Dado el origen antillano del término pitaya (SANTAMARÍA 1942), en México este concepto posee una extensión muy amplia, pues comprende frutos de más de diez géneros pertenecientes a tres tribus de cactáceas (Pachycereeae, Hylocereeae, Echinocereae) (BRAVO-HOLLIS 1978; MARTÍNEZ 1987). En la Mixteca Baja, el término "too" o "tnu dichí" comprende al menos 12 especies de cactáceas columnares, tres de las cuales también se denominan pitayas y todas ellas tienen algún uso y diferente grado de manejo y domesticación, destacando, por su mayor diversidad infraespecífica y su sabroso fruto comercializable, dos especies del género *Stenocereus* (*S. pruinosus* y *S. stellatus*), nativas del sur de México (GIBSON & HORAK 1978).

Las plantas del género *Stenocereus* poseen tallos suculentos de 5 a 20 costillas y con abundantes triterpenos y cuerpos de sílice en la epidermis; flores de 5 a 22 cm de longitud, apicales o laterales, tubulares o campanuladas, pétalos internos blancos, cremas o rosas y los externos más oscuros y rojizos, estigma con más de 14 lóbulos, estambres secundarios muy numerosos e insertos en el tubo receptacular; el fruto es una baya formada por los funículos azucarados de diferentes colores (debido a la presencia de células perla pigmentadas) y cuyo pericarpo está provisto de aréolas con lana y espinas; semillas

negras a cafés, pequeñas (1.5-3 mm de longitud) y abundantes (BRAVO-HOLLIS 1978; GIBSON & HORAK 1978).

El presente trabajo busca explorar la clasificación y el aprovechamiento tradicional de la pitaya mixteca ("too/tnu dichí") y evaluar la variación morfológica del fruto en diversas poblaciones de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, como indicio de su posible domesticación.

METODO

Mediante revisión documental y cartográfica, interpretación de fotografías aéreas, recorridos de campo y entrevistas personales, durante 1995-97, se registraron y cotejaron algunas características ecológico-culturales (geología, relieve, clima, suelo, vegetación, perturbación, huertos antiguos, grupos étnicos, construcciones y sitios prehispánicos y coloniales, persistencia cultural, sistemas agrícolas, diversidad de dichis) de 45 localidades de la Mixteca Baja. Con 24 informantes (conocedores de los dichis) de ocho localidades (que presentan el gradiente ecológico-cultural detectado y diversidad alta de dichis) se obtuvo información sobre el aprovechamiento y manejo de las cactáceas columnares; en tres localidades (Cuitito, Dinicuiti, Chichihualpetec), donde todavía se encuentran hablantes de tres variantes del mixteco, se entrevistaron nueve informantes mayores de 60 años, pues la mayoría de los jóvenes desconocen o sólo entienden (pero no hablan) esta lengua. A pesar de esta selección, no siempre fue posible recabar todas las denominaciones o su correspondiente traducción, pues muchas veces se conoce la denominación mixteca pero no su significado. Para la variación morfológica, en ocho localidades se estudiaron siete poblaciones y 75 muestras de *S. pruinosus*, 12 y 66 de *S. stellatus* y dos y cuatro de una variante intermedia (posiblemente híbrida) entre ellas, bajo distintas condiciones de manejo, es decir, cultivadas, toleradas (en tierras de uso agrícola actual), abandonadas (antiguos huertos coloniales o prehispánicos) y silvestres. Con base en el conocimiento y criterio de los productores y recolectores de pitaya, se eligieron uno o dos individuos de cada variante reconocida por ellos, y a dos de sus frutos se les midieron los

18 atributos indicados en el Cuadro 6. En total se analizaron 145 muestras y más de 300 frutos en madurez de consumo (un promedio de dos frutos por individuo muestreado), cuya semilla se separó mediante fermentación y frotación. Para los caracteres de longitud se utilizó un vernier, y un microscopio de disección en el caso de las semillas (n=30/fruto). Los pesos frescos se cuantificaron en una balanza electrónica; el color de la pulpa y la cáscara se determinó mediante la cascada de límite de color Munsell (MUNSELL, s/f). El análisis de los datos numéricos se hizo con los promedios de los atributos para cada variante, ya sea de manera individual o agrupándolas por taxon y tipo de población, mediante técnicas estadísticas univariadas y multivariadas. Con las primeras se efectuó un análisis de varianza de una vía, utilizando como criterio de agrupación al estado cultural de la población (silvestre o espontánea, tolerada en campos de cultivo, abandonada en antiguos huertos, cultivada actualmente en huertos familiares o comerciales), y una comparación de promedios mediante la prueba de Duncan (SAS.603) y con las segundas se hizo una clasificación (distancia taxonómica media) y ordenación (componentes principales) multivariable (NTSYS 1.7).

RESULTADOS Y DISCUSION

Nomenclatura y clasificación tradicional de la Pitaya Mixteca

Como puede notarse en los Cuadros 1 y 2, la denominación mixteca para 13 taxa de cactáceas columnares puede variar entre las localidades, pero consta de un término genérico "tnu dichi" o "too dichi" (literalmente palo leñoso que produce dichis o pitayas e implícitamente cactácea columnar), y un término específico, relacionado con alguna característica particular del tamaño o color de la planta, del tamaño, color o forma de la baya correspondiente, de sus espinas o de su cáscara. Así por ejemplo el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) puede describirse como el árbol o cacto columnar que produce bayas, dichis o pitayas del tamaño y forma de un grano de maíz ("noni"); *Neobuxbaumia mezcalaensis* es el cacto

columnar alto, largo y grande ("too/tnu dichi be'e"); *Escontria chiotilla* es el cacto columnar que produce frutos con escamas plateadas ("too dichi ya'a"); *Pachycereus grandis* ("tnu dichi iñu ya'a") es aquel cacto cuyos frutos tienen espinas amarillas; algunos colores que frecuentemente se usan para calificar el fruto y el tallo son: "kua" (amarillo), "kua'a" (rojo), "kui'i" (verde), "kushi" (blanco) y "tun" (negro). Cabe señalar aquí que *S. stellatus* también recibe el nombre náhuatl de xoconochtlí, o bien pitayo xoconochtlí, que significa tuna o fruto ácido.

La clasificación mixteca distingue claramente a los cactos columnares ("too/tnu dichi"), de los nopales ("too véndre", "too bunde'e", "tnu vindia") y de los globosos o en forma de cabeza ("dini", "chimilo'o"), aunque obviamente en este último caso ya no se trata de un palo leñoso ("too/tnu"). Así, la nomenclatura mixteca se apega más a la científica que los nombres nahua y popoloca, pues éstas juntan a las especies de *Opuntia* con las columnares (CRUZ & BADIANUS 1552; BRAVO-HOLLIS 1978; CASAS *et al.* 1997); pero también 9 de las 12 especies generalizadas con el término "too/tnu dichi" se podían agrupar en los géneros *Lemaireocereus* y *Pachycereus* de clasificaciones científicas anteriores (BRAVO-HOLLIS 1978), todo lo cual sugiere un mayor conocimiento mixteco de estos recursos. Por otra parte, los mixtecos distinguen variantes dentro de cada especie, sobre todo para aquellas cuyo uso es más intenso, como es el caso de las más de 40 de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* y de un probable híbrido entre éstas.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los principales criterios y algunas denominaciones que los productores mixtecos utilizan para clasificar y designar a la especie de *Pachycereae* y a las variantes infraespecíficas de *S. pruinosus* ("dichi kua'a") y *S. stellatus* ("dichi kaya" o "dichi key"). La mayoría de los criterios específicos se relacionan con alguna característica morfológica del fruto, pero otros con alguna característica del tamaño y color de la planta entera. Aunque casi todos los criterios infraespecíficos están relacionados con características del fruto, es sorprendente la capacidad de reconocimiento que los informantes tienen, aún y cuando las variantes no se encuentren fructificando, pues se observó cómo

Cuadro 1 - Denominación mixteca de 13 taxa de Pachycereae

Género y especie	Denominación mixteca
<i>Stenocereus</i>	
<i>pruinus</i> (Otto) Buxb.	Tnu dichi kua'a, too dichi kua'a
<i>stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	Tnu dichi kaya, too dichi key
<i>dumortieri</i> (Scheidweil.) Buxb.	Tnu dichi satno, too dichi'n diya'a
x <i>sp.</i> (posible híbrido)	Tnu dichi tukue'e
<i>Pachycereus</i>	
<i>weberi</i> (Coul.) Backeb.	Tnu dichi idi, tnu dichi chico, too dichi kaká
<i>grandis</i> Rose	Tnu dichi ñuya'a, tnu dichi pachón
<i>marginatus</i> (DC.) Britt. & Rose	Tnu laya, too dichi ninó, too dichi kui'i, too dichi malayo
<i>Polaskia</i>	
<i>chichipe</i> (Gossel.) Backeb.	Tnu dichi tun, too dichi tu
<i>chende</i> (Gossel.) Gibson & Horak	Tnu dichi chente
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart.) Cons.	Tnu dichi noni, too dichi noni
<i>Escontria chiotilla</i> (Weber) Rose	Tnu dichi chá, too dichi ya'a
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb.	Tnu/too dichi be'e, too dichi kete
<i>Cephalocereus chrysacanthus</i> (Weber) Britt. & Rose	Tnu dichi tupa

algunos campesinos logran asociar algunas características del tallo, como la brillantez, el tono de verde y el color de espina.

El mayor número de criterios infraespecíficos en *S. pruinus* refleja el mayor interés de los productores en esta especie, que dada su mayor demanda en el mercado se ha visto sujeta a una mayor presión selectiva y muchas de sus variantes responden a esta situación. En *S. stellatus*, la clasificación tradicional es menos detallada y por lo mismo refleja menor variación; se relaciona principalmente con el color, sabor y tamaño del fruto, aunque en el primer caso muy relacionado con la época de maduración.

Aunque en la clasificación no se refleja la selección por rendimiento de planta, se detectaron algunos casos de variantes reconocidas por su mayor rendimiento (San Gabriel, Roja China); sin embargo, parece que, sobre todo en *S. pruinus*, en general el rendimiento (kg/ha) no ha sido una presión selectiva muy importante, pues tanto la técnica de cultivo (LUNA & AGUIRRE 2001a) como los móviles de selección de estas especies son básicamente mesoamericanos, es decir, al igual que en muchos cultivados mesoamericanos, en estas especies importa más el individuo y los frutos grandes, que el rendimiento en masa o superficie (LUNA 1993).

Cuadro 2 - Algunos criterios de la clasificación mixteca de especies de Pachycereae ("too/tnu dichi").

Criterio	Nombre mixteco	Nombre científico	Significado
Tamaño de la planta	Too dichi be'e	<i>N. mezcalaensis</i>	Cacto o palo alto o grande
Color de la planta	Too dichi'n diya'a	<i>S. dumortieri</i>	Tallo cenizo o blanquecino
	Too dichi kui'i	<i>P. marginatus</i>	Tallo verde
Color de fruto	Dichi ku'a	<i>S. pruinus</i>	Fruto rojo
	Dichi tun/tu	<i>P. chichipe</i>	Fruto negro
Forma de fruto	Dichi noni	<i>M. geometrizans</i>	Fruto como grano de maíz
Espinas del fruto	Dichi ñu ya'a	<i>P. grandis</i>	Fruto de espina amarilla
Tiempo demaduración del fruto	Dichi kaya/key	<i>S. stellatus</i>	Fruto de agosto y septiembre
Cáscara del fruto	Dichi cha/ya'a	<i>E. chiotilla</i>	Fruto escamoso o plateado

Cuadro 3 - Criterios de clasificación infraespecífica mixteca de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*.

Criterio y denominación	Características
<i>S. pruinosus</i>	
Forma y espinación	
Jarra, cántaro, runchi	Forma de cántaro o jarra
Site'e	Forma de escarabajo, poca espina corta
Indo'oyo	Forma esférica, espina tupida
Dini indo'oyo	Forma de cabeza esférica, pulpa roja
Color de pulpa	
Kua	Naranja, amarilla
Kua'a	Roja
sandía, melón, mamey	Color parecido a la fruta referida
morada, solferina, roja	Del color referido
Color de espina	
iñu tun	Espina negra
iñu kushi	Espina blanca o ceniza
iñu kua'a	Espina roja
iñu ya'a	Espina naranja o amarilla
Tamaño y cáscara	
Burra	Fruto grande, cáscara y espina gruesas
Negra	Fruto grande, cáscara y pulpa guinda
Contenido de semilla	
Chineñu	Con poca semilla
Chicalía	Con mucha semilla
Epoca de maduración	
abrileña	Produce pronto, desde abril
Acateca	Tardía
roja venturera	Producen en mayo y poco en diciembre
pitayo-xoconochtli	Dos épocas de producción, mayo y agosto
Sabor y dulzura	
reina, gota de miel	Muy dulce y grande
Sinsidi	La más dulce, pero cáscara muy delgada
Hormiga	Muy dulce pero pequeña
ints'i'a	Agridulce, tallo desgajable
Dehiscencia	
sillusa, sindandun	Dehiscentes
Origen	
monte o cerro 'x'	Lugar donde se obtuvo para propagarla
<i>Stenocereus</i> sp. x	
Pitayo San Gabriel	Probable híbrido interespecífico con fructificación bimodal (mayo y agosto)
<i>S. stellatus</i>	
Color y fenología	
dichi kaya kua	Amarillo
dichi kaya kua'a	Rojo, madura primero
dichi kaya kushi	Blanco, maduración intermedia
dichi key yikonyi	Morado, madura al último
Tamaño, color y dulzura	
Dichi n'doko	Rojo, grande y dulce (como zapote)
San Pedro	El más grande de los xoconochtlis
Cuyera	Roja, pequeña
Lundita	Roja, pequeña, precoz

Aprovechamiento de la Pitaya Mixteca

Como se observa en el Cuadro 4, los 13

"dichis" tienen más de un uso. El tallo o la planta entera de todas puede ser utilizado como maderable o combustible, uso que normalmente se da

Cuadro 4 - Usos de la pitaya mixteca ("dichi").

Género y especie	Usos
<i>Stenocereus</i>	
<i>pruinus</i> (+)	Fruto comestible crudo o en mermelada y paletas, licor y fermento con la pulpa; cercas vivas, control de erosión y leña; semillas mezcladas con maíz para elaborar tortillas.
<i>stellatus</i> (+)	Idem.
x sp. (+)	Idem. durante dos períodos de fructificación.
<i>dumortieri</i>	Zacateras (almiars), tablonces del tronco para cerca; antorchas para cacería, leña para temazcal.
<i>Pachycereus</i>	
<i>weberi</i>	Semillas para elaborar tortillas y mole; pulpa para fermentar; zacateras (almiars); sombra.
<i>grandis</i>	Fermento con pulpa del fruto; semillas mezcladas con maíz para tortillas; tallo como forraje.
<i>marginatus</i>	Cercas vivas; tinte y juguetes con el tallo.
<i>Polaskia</i>	
<i>chichi</i>	Tallo como jabón; fruto comestible.
<i>chende</i>	Fruto comestible; control de erosión.
<i>Myrtillocactus</i>	
<i>geometriza</i>	Fruto comestible; emplastos de tallo medicinales.
<i>Esconria</i>	
<i>chiotilla</i> (+)	Fruto comestible, zacateras (almiars), es la madera más dura de las cactáceas columnares, usada para morillos y combustible.
<i>Neobuxbaumia</i> (+)	
<i>mezcalaensis</i>	Botón y fruto seco comestible; madera para techar casas ("tnu yo'ó" o "too dichí").
<i>Cephalocereus</i>	
<i>chrysacanthus</i>	Morillos para techado; tablonces para cercas; frutos muy dulces pero poco consumidos.

(+) Frutos de uso más generalizado y que se venden en los mercados regionales.

sobre las plantas secas o naturalmente muertas, la mayor parte de las especies se usa como cerco vivo y para controlar la erosión y algunas tienen un uso más específico (zacateras o almacenes de forraje de maíz, como jabón, medicinal o artesanal). Aunque se ha evidenciado el uso comestible del tallo de cactáceas columnares en Tehuacán prehispánico, sobre todo durante la estación seca y a partir de la fase Coxcatlán (5-3.5 mil a.C.) (CALLEN 1967), este uso no se registró en la actual Mixteca Baja, aunque parece que todavía se presenta en otras regiones (CASAS *et al.* 1999b).

Excepto los pequeños frutos de *P. marginatus* y *S. dumortieri*, el resto de los "dichis" pueden ser comestibles, junto con la semilla que es masticable, a diferencia de los frutos de *Opuntia*. Es importante destacar a: *P. grandis* y *P. weberi*, cuya semilla se almacena y se usa para enriquecer las tortillas tostadas o totopos; los frutos de las especies más cultivadas, de uso más generalizado y comercializables (*S. pruinus*, *S. stellatus* y *E.*

chiotilla); así como el botón floral de *N. mezcalaensis*, que hervido o encurtido se come y se vende profusamente en la región.

Seguramente el consumo humano del fruto y la semilla de los cactus columnares ha existido en la región desde la época prehispánica, pues CALLEN (1967) ha evidenciado su uso desde las primeras fases en Tehuacán (El Riego, 6.5-5 mil a.C.) y el desarrollo cultural de la Mixteca Baja se ha documentado desde 7,000 a.C., tuvo una etapa urbana y su poblamiento continuó hasta la llegada de los españoles (WINTER 1996).

La mayor parte de los dichis sólo se toleran y cosechan o se plantan y cosechan (dos prácticas), y sólo tres (*S. pruinus*, *S. stellatus* y *S. x sp.*) reciben un manejo con más de siete prácticas de cultivo (selección y preparación del terreno, selección y plantación de propágulos, reposición de fertilidad, control de competencia y predación, podas, etc.); prácticas con una esencia tecnológica mesoamericana, es decir, con la utilización de ins-

Cuadro 5 - Estado cultural de las Pachycereae en la Mixteca Baja.

Género y especie	Cultivo en huerto			Milpa	Recolecta en	
	Familiar	Comercial	Antiguo		H.fam.	Silv.
<i>Stenocereus</i>						
1) <i>pruinus</i>	>20 vtes	>10 vtes.	sí	sí	no	poco
2) <i>stellatus</i>	>10 vtes.	sí	sí	sí	sí	sí
3) x sp.	2 vtes.	poco	?	no	no	no
4) <i>dumortieri</i>	no	no	?	sí	sí	sí
<i>Pachycereus</i>						
5) <i>weberi</i>	no	no	sí	sí	sí	sí
6) <i>grandis</i>	no	no	?	sí	sí	sí
7) <i>marginatus</i>	sí	no	sí	sí	sí	poco
<i>Polaskia</i>						
8) <i>chichipe</i>	sí	no	?	sí	sí	sí
9) <i>chende</i>	sí	no	?	sí	sí	sí
<i>Myrtillocactus</i>						
10) <i>geometrizaris</i>	sí	no	sí	sí	sí	sí
<i>Escontria</i>						
11) <i>chiotilla</i>	sí	poco	sí	sí	sí	sí
<i>Neobuxbaumia</i>						
12) <i>mezcalaensis</i>	no	no	?	sí	no	sí
<i>Cephalocereus</i>						
13) <i>chrysacanthus</i>	no	no	?	sí	no	sí

? = se desconoce el dato; poco = poco frecuente; vtes. = variantes; H.fam = huerto familiar; Silv. = silvestre; x sp.= probable híbrido.

trumentos manuales, casi ausencia de materiales externos, mayor interés por un alto rendimiento por planta con frutos grandes y "bonitos", que por aumentar el rendimiento por superficie; prácticas metafísicas, referencias lunares, entre otras (LUNA & AGUIRRE 2001a).

Aunque el aprovechamiento de las dos especies más importantes permanece e incluso crece, el uso del resto de las cactáceas columnares en épocas pasadas parece que fue más generalizado e importante, hecho que se manifiesta en los frecuentes huertos prehispánicos y coloniales de al menos seis de las especies (Cuadro 5), en el techado con la madera seca de cactus columnares ("tnu yo'o" o "too dichi") de muchas casas antiguas y en el amplio conocimiento para su aprovechamiento. Sin embargo, el agotamiento del recurso, el gran trabajo requerido en varios de los usos, la migración laboral y el desprecio y la pérdida de la cultura tradicional, son algunas de las causas que han disminuido el uso de estos recursos.

Aunque las dos especies de mayor importancia comercial (1 y 2 en el Cuadro 5) son las que se cultivan más extensa e intensamente en huertos

familiares y comerciales, algunas otras (4, 5, 7-11) han recibido un manejo básico (selección *in situ* o plantación y cosecha) en los huertos familiares contemporáneos o antiguos, lo cual ubica a estas poblaciones como la principal fuente de diversidad genética, seleccionada durante siglos o milenios; esta situación es conocida por los pobladores actuales, quienes frecuentemente toman tallos de estos sitios para propagarlos. Por otro lado, excepto el probable híbrido interespecífico, todas las especies se pueden recolectar (cosecha sin haber plantado, lo cual implica una selección ausente o débil) en poblaciones toleradas del huerto y la milpa y espontáneas de ambientes poco perturbados. Considerando lo anterior, se puede hipotetizar una posible relación entre el estado cultural de las poblaciones con su forma de aprovechamiento y su diversidad genética.

El cultivo y domesticación de plantas perennes ha sido muy importante para la subsistencia en Mesoamérica; más del 60% de las plantas reconocidas como domesticadas son perennes y de éstas la mayoría son frutos comestibles (MACNEISH 1992; HERNÁNDEZ 1993). Aunque en otros centros

Cuadro 6 - Correlaciones de cada variable con los tres primeros componentes principales (CP) en *S. pruinosus* y *S. stellatus*. Entre paréntesis se anota el porcentaje de variación explicado por cada componente principal.

Variable y unidades	Acrónimo	<i>S. pruinosus</i>			<i>S. stellatus</i>		
		CP1 (39%)	CP2 (13%)	CP3 (10%)	CP1 (39%)	CP2 (17%)	CP3 (11%)
Diámetro polar (cm)	DIAMPOLA	0.86	-0.09	-0.16	0.92	0.06	-0.05
Diámetro ecuatorial (cm)	DIAMECUA	0.94	-0.16	-0.02	0.93	0.14	-0.01
Peso total (g)	PESOTOTA	0.95	-0.15	-0.02	0.94	0.08	0.02
Peso de cáscara (g)	PESOCASC	0.73	-0.07	-0.59	0.85	-0.13	0.37
Peso comestible (g)	PESOCOME	0.94	-0.15	0.00	0.93	0.14	-0.09
Comestible/cáscara	RECOMCAS	0.53	-0.14	0.68	0.30	0.40	-0.75
Grosor de cáscara (cm)	GROSCASC	-0.11	-0.04	-0.82	0.13	-0.27	0.78
Longitud de espina (cm)	LONGESPI	0.69	-0.12	-0.06	0.59	0.06	-0.21
Número de areolas	NUMEAREO	0.24	0.30	0.15	0.09	0.03	-0.23
Grados Brix	GRADBRIX	0.49	0.08	0.47	0.57	0.08	-0.36
Peso de semilla (g)	PESOSEMI	0.77	-0.22	0.10	0.83	0.03	0.09
Número de semillas	NUMESEMI	0.67	-0.44	0.00	0.75	0.45	0.12
Peso cien semillas (mg)	PESOCIEN	0.36	0.44	-0.03	0.25	-0.79	-0.11
Anchura de semilla (mm)	ANCHSEMI	0.32	0.46	-0.04	0.46	-0.77	-0.23
Longitud de semilla (mm)	LONGSEMI	0.71	0.40	-0.01	0.48	-0.71	-0.08
Grosor de semilla (mm)	GROSSEMI	0.37	0.64	-0.12	0.09	-0.81	-0.14
Color de cáscara	COLOCASC	0.09	0.70	-0.02	-0.53	-0.11	-0.32
Color de pulpa	COLOPULP	0.26	0.64	0.07	-0.36	-0.27	-0.37

de origen de la agricultura los frutales se consideran secundarios y de domesticación posterior a los cereales y leguminosas (ZOHARY 1986), en Mesoamérica parece que pudieron haber tenido mayor importancia y a veces prioridad en el inicio de la agricultura. En la actual Mixteca Baja se presenta una gradación, desde la recolecta de tres especies que sólo se cosechan, pues su propagación vegetativa es difícil, hasta el cultivo de las 10 restantes y la domesticación de 3 taxa; puede hipotetizarse una relación directa entre intensidad de cultivo, intensidad de selección y nivel de consumo. Por los estudios arqueobotánicos de Tehuacán (SMITH 1967), se sabe que el cultivo debió preceder a la domesticación en especies anuales, sin embargo, parece lógico y factible un proceso simultáneo en algunas de estas cactáceas columnares, dada la evidencia etnográfica actual y su facilidad de propagación y cruzamiento.

Variación morfológica y domesticación de *S. pruinosus* y *S. stellatus*

Con base en 18 características morfológicas de fruto y semilla, la ordenación de las variantes silvestres, abandonadas, toleradas y cultivadas de estas dos especies indica que los tres primeros componentes principales resumen casi dos terce-

ras partes de la variación total y las variables asociadas son muy parecidas (Cuadro 6). El primero (con el 39% de la variación) ordena los frutos por sus dimensiones y peso, peso y número de semillas, longitud de espina y dulzura; en *S. pruinosus* también destacó al respecto su longitud de semilla y en *S. stellatus* el color de cáscara. El segundo componente, en *S. stellatus*, se asocia con el tamaño y peso relativo de la semilla, y en *S. pruinosus* con el grosor de la semilla y con el color de la cáscara y pulpa. El tercer componente se asocia básicamente con el grosor y peso de la cáscara del fruto y su relación con la parte comestible aunque en sentidos opuestos en cada especie.

***Stenocereus pruinosus*.** En la Figura 1a se observan algunas tendencias en la ordenación sobre los primeros dos componentes principales de 77 muestras de frutos de las siete poblaciones de *S. pruinosus*. Hacia la izquierda se ubican las variantes silvestres junto con algunas abandonadas y el posible híbrido; hacia la derecha las cultivadas con frutos más grandes y pesados, las cuales son consideradas las más comerciales.

De esta forma, puede hablarse de una primera tendencia en la selección cultural de esta especie, hacia frutos más grandes, pesados y dulces, pero a la vez con más semilla y espinas más largas. Estos

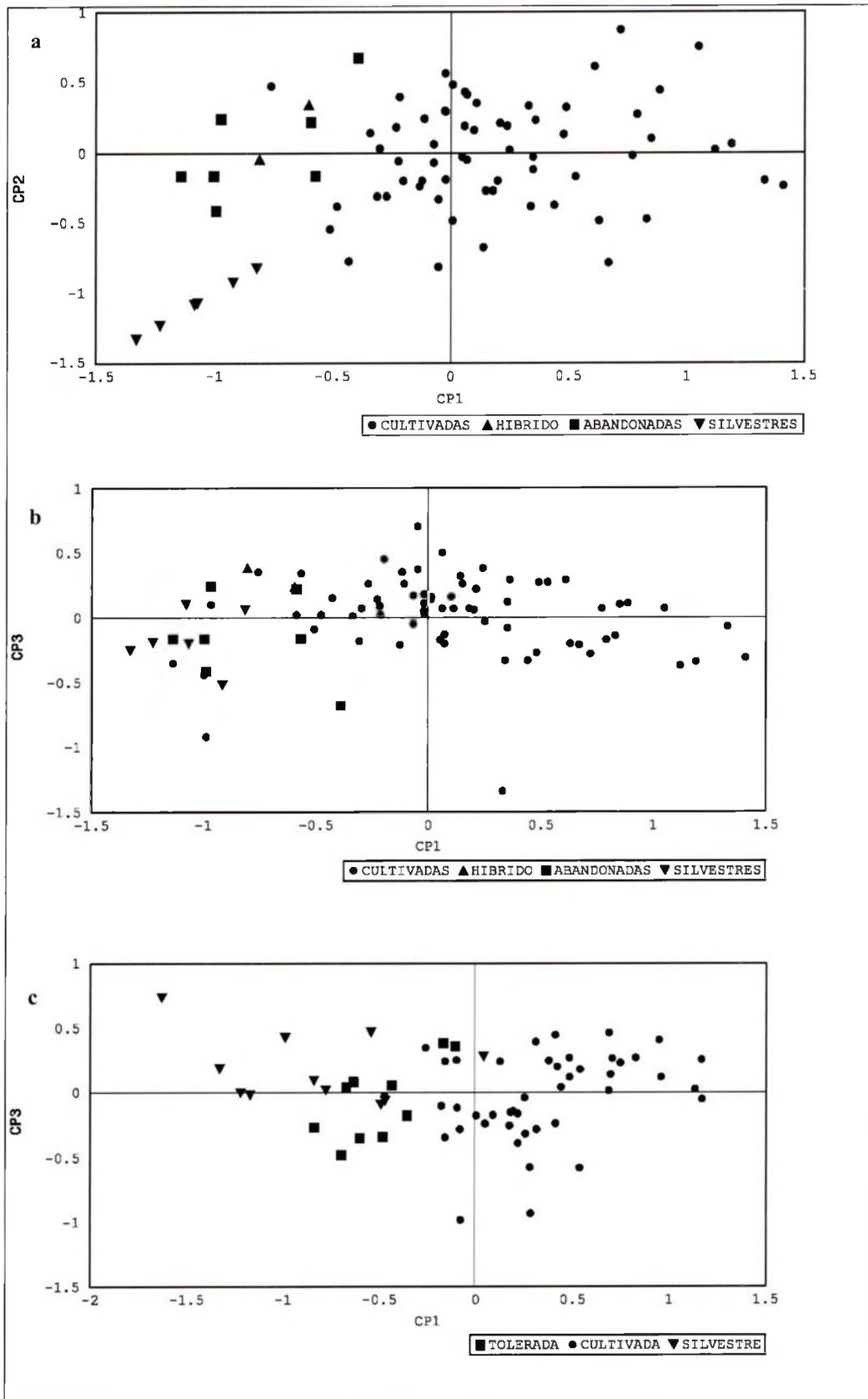


Fig. 1 - Ordenación basada en 18 características de frutos y semillas, sobre los componentes principales: **a)** primero y segundo de 77 muestras de *S. pruinosus*, **b)** primero y tercero de 77 muestras de *S. pruinosus*, **c)** primero y tercero de 66 muestras de *S. stellatus*.

caracteres también son deseables pues, a diferencia de los frutos de *Opuntia*, la semilla de la pitaya es comestible y la espina amortigua los daños del fruto durante el empaque y transporte y alarga la vida postcosecha al facilitar la aireación en las cajas. Aunque se puede diferenciar otro grupo en la parte inferior de la Fig. 1a, con las variantes cultivadas de semilla más delgada, pulpa amarilla y cáscara verde-amarilla, casi la mitad de ellas se concentran alrededor del origen de los ejes, lo cual indica su estado intermedio en la tendencia de domesticación resumida por los dos primeros componentes. Merecen destacarse algunas otras variantes de huertos abandonados que también se relacionan con este grupo intermedio; esta ordenación separada del resto de variantes abandonadas podría deberse a un genoma distinto al silvestre, como resultado de una posible selección prehispánica o colonial.

En la ordenación de las variantes sobre el primero y tercero componentes principales (Fig. 1b), se aprecia otra posible tendencia en el proceso de selección de *S. pruinosus*, relacionada con la búsqueda de frutos con cáscara más gruesa y pesada (como las variantes cultivadas "negra" y "de burro", y algunas abandonadas). Estos caracteres reducen relativamente la parte comestible, pero son deseables porque permiten una mayor duración postcosecha del fruto, período que normalmente no supera los cinco días en los frutos de cáscara delgada. Sin embargo, aún es poco generalizado este móvil de selección ya que la mayoría de las variantes cultivadas presentan cáscara delgada.

***Stenocereus stellatus*.** De manera parecida, en la Fig. 1c se aprecia que las variantes silvestres y toleradas de *S. stellatus* tienden a ordenarse en los

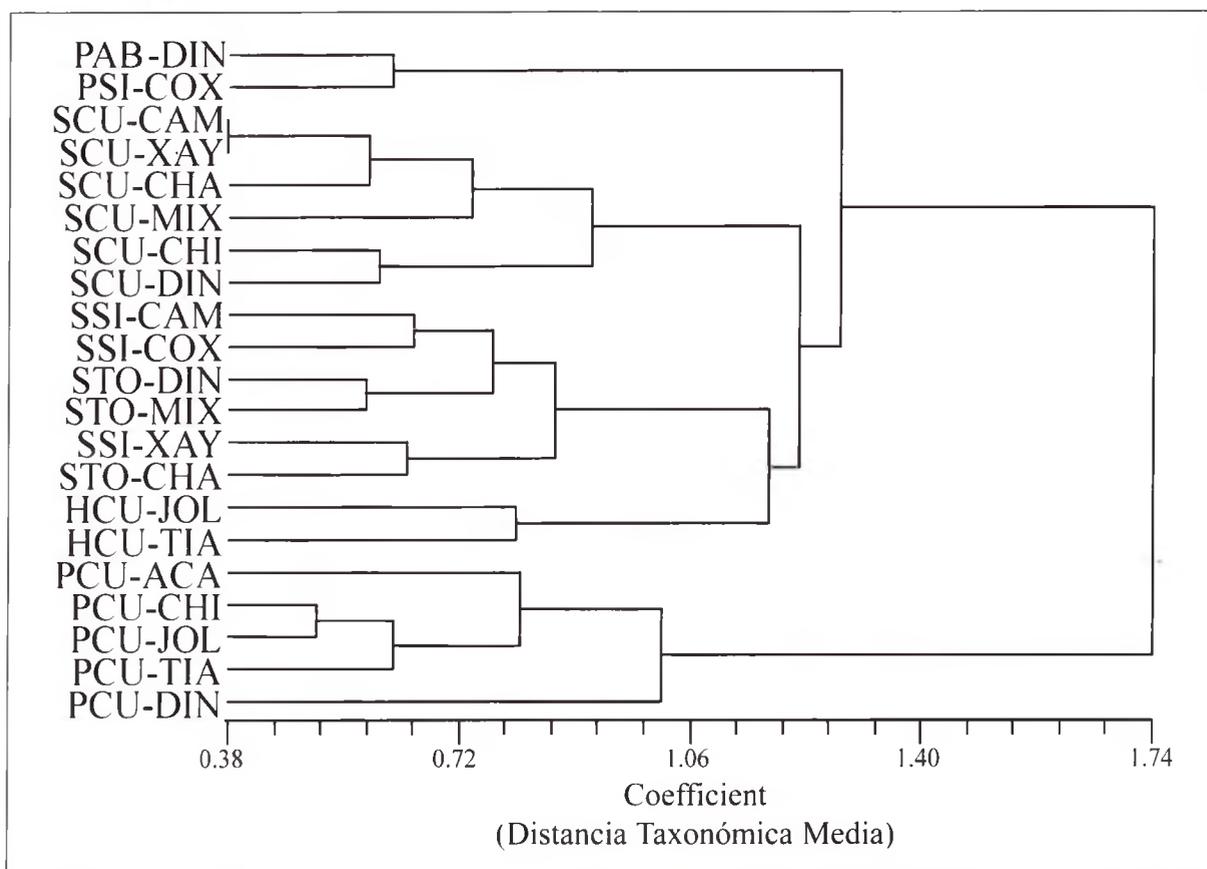


Fig. 2 - Clasificación de las 21 poblaciones de pitaya (*Stenocereus* spp.) con base en 18 características de sus frutos. Especie: P = *Stenocereus pruinosus*, S = *S. stellatus*, H = probable híbrido. Tipo de población: CU = cultivada, AB = abandonada, T = tolerada, S = silvestre. Localidad: DI = Dinicuiti, COX = Coxcatlán, CAM = Camotlán, XAY = Xayacatlán, CHA = Chalcatzingo, MIX = Mixquitlixco, CH = Chichihualtepec, JOL = Joluxtla, TIA = Tianguistengo, ACA = Acaquizapan.

cuadrantes de izquierda; a su vez, las variantes silvestres con cáscara más gruesa se ordenan hacia la parte superior del tercer componente y las variantes toleradas con cáscara menos gruesa hacia la parte inferior del mismo. Por otro lado, las variantes cultivadas con frutos más grandes, pesados y dulces tienden a ordenarse a la derecha del primer componente; y las variantes cultivadas de cáscara más delgada tienden a juntarse en el cuadrante inferior derecho, lo cual concuerda con lo encontrado por CASAS *et al.* (1997) y se relaciona con el destino local y regional de *S. stellatus*, donde los consumidores locales prefieren los frutos con cáscara delgada y no es necesaria una gran duración en postcosecha.

Con el fin de observar con mayor claridad los grupos y tendencias descritos en la Fig. 2 se presenta el fenograma de las 21 poblaciones evaluadas mediante 18 caracteres del fruto y cuyo acrónimo indica la especie, el tipo de población y la localidad. Además de su alta correlación cofenética ($r = 0.78$), la consistencia del fenograma se evidencia al separar inicialmente a los tres taxa y dentro de ellos a las poblaciones cultivadas del resto. La mayor similitud de las variantes abandonadas y silvestres de *S. pruinosus* con las varian-

tes de los otros dos taxa, parece indicar que los frutos de esta especie han alcanzado la mayor diferenciación debida a la domesticación. También se nota un mayor parecido del supuesto híbrido con *S. stellatus*.

Los mayores valores que se observa en el Cuadro 7 para la mayoría de los atributos del fruto de las variantes cultivadas es típica del proceso de selección cultural y ha sido consignada en semillas y frutos de otras especies mesoamericanas perennes como *Persea*, *Sideroxylon*, *Cyrtocarpa* (SMITH 1966, 1968), *Opuntia* (COLUNGA G-M *et al.* 1986) y *Stenocereus stellatus* (CASAS *et al.* 1999a). Sin embargo, este gigantismo es más marcado en *S. pruinosus*, especie que ha estado sujeta a mayores presiones de selección, dada su mayor demanda en el mercado regional y nacional.

En general, a mayor tamaño y peso de fruto se presenta mayor magnitud en los otros atributos, sin embargo, las dimensiones de la semilla, el peso de 100 semillas y el número de areolas son prácticamente similares dentro de cada especie. Dado que el color de la cáscara y de la pulpa se midieron en una escala de intervalo (con origen relativo) y que se compararon sus promedios,

Cuadro 7 - Promedios* de los atributos del fruto de *S. pruinosus*, *S. stellatus* y el posible híbrido *S. x*, según su origen (cultivado, C; abandonado, A; tolerado, T; silvestre, S).

Atributo y unidad **	<i>S. pruinosus</i>			<i>S. stellatus</i>			<i>S. x</i>
	C	A	S	C	T/A	S	C
DIAMPOLA (cm)	8.35a	6.32b	4.81c	5.97a	4.87b	4.34c	6.64
DIAMECUA (cm)	6.39a	4.77b	3.92c	5.61a	4.65b	4.22c	4.97
PESOTOTA (g)	187.53a	69.54b	38.34b	102.78a	55.44b	43.82b	85.91
PESOCASC (g)	38.61a	27.04b	15.00b	23.19a	14.85b	12.38b	15.14
PESOCOME (g)	149.34a	42.50b	23.35b	79.46a	40.60b	31.44b	70.77
RECOMCAS	3.96a	2.04b	1.57b	3.63a	2.99b	2.37c	4.88
GROSCASC (cm)	0.24b	0.32a	0.30°	0.23a	0.23a	0.23a	0.18
LONGESPI (cm)	1.78a	1.33b	1.15b	1.27a	0.92b	0.75c	1.20
NUMEAREO	51.29a	49.68a	44.83°	30.27a	32.36a	26.64a	42.50
GRADBRIX	12.88a	9.65b	10.02b	12.47a	10.96b	9.72c	10.00
PESOSEMI (g)	4.08a	2.00b	2.15b	1.97a	1.45b	0.89c	1.53
NUMESEMI	2044.40a	1056.60b	1218.50b	1570.60a	1045.60b	736.80c	951.00
PESOCIEN (mg)	203.40a	187.10a	182.50°	128.00a	139.30a	125.50a	162.00
ANCHSEMI (mm)	1.77a	1.65a	1.69°	1.42a	1.40a	1.34a	1.55
LONGSEMI (mm)	2.37a	2.18b	2.11b	2.01a	1.84b	1.95ab	2.19
GROSSEMI (mm)	1.08a	1.03a	1.07°	0.93a	0.97a	0.95a	1.05
COLOCASC	32.10a	32.69a	28.84°	27.45b	35.94a	35.11a	39.14
COLOPULP	37.48a	35.85a	37.29°	35.47a	39.74a	37.77a	39.14

*Promedios seguidos por la misma letra en cada hilera y en cada taxon son estadísticamente similares al 5%.

**Acrónimos como en el Cuadro 6.

éstos resultaron ser prácticamente similares; sin embargo, cabe destacar la mayor variación registrada en el color de la pulpa de las variantes cultivadas ($29.6 = 0.5Y$ a $42.15 = 2.4R$ en *S. pruinosus*, y $22.1 = 5.7GY$ a $43.15 = 7.5RP$ en *S. stellatus*), lo cual abarca más de ocho tonalidades de amarillo y siete de rojo, además de los blancos, rosados y lilas, que en *S. stellatus* se relacionan con su época de madurez.

Puede decirse que, sobre todo en *S. pruinosus*, los mixtecos cultivan pitayos con frutos más grandes, pesados, dulces, espinosos, con más semilla y de colores más diversos que los que se encuentran en las poblaciones toleradas y silvestres, pues en los huertos antiguos abandonados se pueden encontrar fenotipos intermedios. Parece tratarse de dos especies que han sido sometidas a una selección *in situ* y luego al proceso que HARLAN (1975) denomina domesticación instantánea, ya que sólo requiere seleccionar los clones deseados y observados durante los largos recorridos de caza, recolecta y/o pastoreo (lo cual puede ser lo más laborioso y tardado) y trasladarlos a un ambiente de cultivo o bien mediante un manejo *in situ*. Dada la casi autopropagación de estas cactáceas columnares, su proceso de introducción al *domo* o casa pudo haber sido más rápido y distinto al sugerido por ZOHARY (1986) para los frutales bíblicos, pues allá se requirió de completo sedentarismo, cambio de dioecia a hermafroditismo e invención de la propagación vegetativa, no tan evidente en el higo, vid, olivo y dátil. En efecto, y aunque se carece de evidencia arqueobotánica, se ha sugerido que nopal, otros cactus y maguey pudieron haber sido los primeros cultivados en el valle de Tehuacán, cuando los grupos humanos aún eran semisedentarios (CALLEN 1967).

Aunque no se midió el rendimiento ni se incluyó la época de madurez en el análisis numérico, lo cual se observó que también es un móvil de selección en algunas variantes, sí se presentan evidencias de domesticación (LEÓN 1987; HARLAN 1975), como la mayor variación morfológica y el mayor tamaño, peso y calidad de órganos útiles en las variantes cultivadas. Aunque se puede argumentar influencia ambiental en algunos caracteres, en otros es clara su determinación genética (color, fenología, formas), lo que aunado a su uso milenario y posible cultivo prehispánico, la deno-

minación mixteca de más de 40 variantes y sobre todo al amplio conocimiento sobre su aprovechamiento, apoya la hipótesis de que se trata de especies que han estado bajo presiones de domesticación durante milenios.

Este proceso posiblemente fue iniciado desde la época prehispánica, hacia el clásico mesoamericano, cuando la cultura Nuiñe floreció en la Mixteca Baja (WINTER 1996); y es posible que dicho proceso haya persistido hasta la actualidad, o incluso se haya intensificado. Así, *S. pruinosus* y *S. stellatus* deberían agregarse a las casi 100 plantas mesoamericanas reconocidas como domesticadas (MACNEISH 1992; HERNÁNDEZ X. 1993) y considerarse sus potencialidades inmediatas para la fruticultura mexicana; pero a la vez, existen suficientes elementos para desechar ideas que las desestiman y limitan su antigüedad, incluso entre los propios mixtecos.

La domesticación y el cultivo de S. pruinosus y S. stellatus

Se denomina cultivo a las actividades que el hombre realiza sobre el hábitat para proporcionar las condiciones ambientales que permitan el mejor crecimiento y desarrollo de las plantas de su interés; la domesticación es un proceso coevolutivo entre la planta, el hombre y el agrohábitat que, en la planta, se manifiesta en el cambio de sus frecuencias génicas y en cambios morfofisiológicos.

Cuando en el valle de Tehuacán y en La Mixteca Baja se observan las densas poblaciones de estas cactáceas y otras, asociadas a evidencias de antiguos poblamientos (restos de cerámica y ciminetos prehispánicos, puntas de obsidiana, hachas de piedra, etc.), se tiende a aceptar que estos rodales constituyen remanentes de huertos de gran antigüedad y un posible origen de la agricultura en esas condiciones. En el presente escrito se ha mostrado cómo algunos frutos de *S. pruinosus*, provenientes de huertos abandonados, tienden a agruparse con los cultivados y otros con los silvestres, hecho que sugiere un genoma distinto y una antigua selección humana, quizá milenaria. Así mismo, LUNA-M & AGUIRRE (2001b) han mostrado que los antiguos huertos presentan mayores densidades de población de *S. pruinosus* y *S. stellatus*. Probablemente estos huertos prehis-

pánicos inicialmente se formaron por la remoción de algunas plantas menos deseadas, es decir, un manejo *in situ* agroforestal inicial, y con el tiempo se formaron huertos especializados y con plantas más seleccionadas. Aunque estas hipótesis requieren de métodos más precisos (experimentos ecológicos, fechamientos arqueológicos, marcadores moleculares) para confrontarse, es interesante considerarlas para el futuro.

Mientras tanto, es importante mencionar que la domesticación de estas especies perennes, de propagación casi espontánea y de reproducción alógama zoofila tiene dos aspectos importantes:

a) De alrededor de 10 cambios morfofisiológicos bajo domesticación que se han propuesto (SCHWANITZ 1966; HAWKES 1983; ZOHARY 1986; LEÓN 1987), en el Cuadro 8 se presenan evidencias para seis de ellos y aparece uno que más bien sigue una tendencia contraria a la tendencia general de mayor rendimiento por superficie del producto deseado y pérdida de mecanismos de protección contra depredación; sin embargo, los caracteres biológicos involucrados corresponden al concepto de calidad local, como es un cáscara más pesada y espinas más largas, lo cual está relacionado con la mayor duración en postcosecha del fruto. Curiosamente estas características (riqueza de semilla, espina y cáscara gruesa) se han considerado indeseables en otros frutos, pero en la pita-

ya son caracteres deseables, pues además de lo ya mencionado, la semilla es masticable y susceptible de mezclarse con maíz par elaborar tortillas.

b) Puede tratarse de una domesticación instantánea, ya que parece no haber requerido de las condiciones mencionadas para otros centros de origen de la agricultura, como los mencionados por ZOHARY (1986) para Mesorient (dominio de la propagación vegetativa y el injerto, cambio de dioecia a hermafroditismo, completo sedentarismo). De esta forma, la domesticación y el cultivo de *S. pruinosus* y *S. stellatus* pudo ser un mismo proceso que sólo requirió de seleccionar los clones deseados y observados durante los largos recorridos de caza, recolecta y/o pastoreo y proporcionarles un medio más favorable (ya sea *in situ*, en las mismas comunidades de recolecta, o *ex situ*, en el domo o casa) para su mejor crecimiento y desarrollo.

Así, es probable que el cultivo y domesticación de estas cactáceas en Mesoamérica se haya iniciado antes del cultivo de anuales, probablemente hace unos 8,000 años o más, como lo sugiere CALLEN (1967) o bien posteriormente, como lo sugieren otras evidencias del clásico mesoamericano (florecimiento de la cultura Nuiñe en la Mixteca Baja). Sin embargo, también es probable que las presión de selección haya disminuído después de la conquista española, debido a la dismi-

Cuadro 8 - Correspondencia entre algunas tendencias en la domesticación de plantas con los cambios observados en *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*.

Tendencias bajo domesticación*	Cambio observado
Mayor variación morfológica	Mayor variación en color y forma del fruto
Diversidad intraespecífica	Más de 40 variantes
Gigantismo de las estructuras de interés	Mayor peso de fruto y semilla, mayor tamaño de fruto
Mayor calidad	Frutos más dulces, con espina más larga, con más semillas y cáscara más pesada
Cambios en el ciclo de vida y fenológicos	Variantes con maduración más temprana, más tardía y bimodal
Cambios en biología reproductiva, propagación vegetativa e injerto	Propagación vegetativa casi exclusiva, pero aparentemente sin cambio reproductivo
Compatibilidad de clones, autogamia	Clones alógamos sincrónicos y compatibles

*Según SCHWANITZ (1966), HAWKES (1983), ZOHARY (1986) y LEÓN (1987)

nución de la población indígena y al desprecio de su cultura, hecho que se manifiesta en el término "fruta de indio", utilizado por algunos para referirse a los "dichis" y otros frutos mesoamericanos. La selección de más de 40 variantes de estas especies es un proceso individual, comunitario y regional que al parecer se ha intensificado en las últimas décadas, pero que seguramente también se basó en la selección llevada a cabo durante siglos, parte de la cual se conservó en los antiguos huertos abandonados.

De acuerdo con lo anterior y con el análisis de componentes principales, que ubica a la mayoría de las variantes en un estado intermedio de las tendencias de domesticación detectadas, podría concluirse que estas especies han estado bajo presiones fluctuantes de selección a través del tiempo, pero que, sobre todo en *S. pruinosus*, la presión ha aumentado en las últimas décadas, proceso facilitado por los antiguos huertos o plantas seleccionadas en el pasado.

CONCLUSIONES

Coincidiendo en gran parte con la clasificación científica, las cactáceas columnares (Pachycereeae) son generalizadas por los mixtecos como "too dichis" o "tnu dichis", término que agrupa a por lo menos 12 especies de siete géneros y un supuesto híbrido interespecífico

que sólo se encuentra bajo cultivo en los huertos familiares actuales. Estos y los huertos antiguos concentran gran parte de la diversidad genética seleccionada durante milenios. Aunque el tallo de todas las especies tiene algún uso no comestible y el fruto de 10 es comestible, dos especies (*S. pruinosus* y *S. stellatus*) son las más importantes actualmente, debido a su diversidad genética bajo cultivo, su sabroso fruto comestible y comercializable y el amplio conocimiento tradicional para su aprovechamiento, cuya esencia técnica sigue siendo mesoamericana.

La variación morfológica evaluada en los frutos de las dos especies es muy similar, pero bajo domesticación se nota la preferencia por frutos de mayor peso, tamaño y variación de color y con más semilla; en *S. pruinosus* también se han seleccionado frutos con espinas más largas y algunos con cáscara más gruesa. Algunos móviles locales de selección (riqueza de semilla, espinas largas y cáscara gruesa) no coinciden con los criterios modernos. Dado su uso prehistórico, su posible domesticación instantánea, la presencia de más de 40 variantes y la ausencia de tal variabilidad en poblaciones silvestres, es muy probable que el cultivo y domesticación de las pitayas mixtecas se hayan iniciado desde la época prehispánica, que su intensidad haya fluctuado a través del tiempo y que se hayan intensificado en las últimas décadas por el incremento de su demanda comercial.

LITERATURA CITADA

- BRAVO-HOLLIS H. 1978. Las cactáceas de México. Volumen I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 p.
- CALLEN E.O. 1967. Analysis of the Tehuacán coprolites. In: D.S. Byers (ed.). The prehistory of the Tehuacán valley. University of Texas Press. Austin, Texas, USA. 261-289 p.
- CASAS A., B. PICKERSGILL, J. CABALLERO, A. VALIENTE-BANUET. 1997. Ethnobotany and domestication in xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, México. Economic Botany 51 (3): 279-292.
- CASAS A., J. CABALLERO, A. VALIENTE-BANUET, J.A. SORIANO, P. DÁVILA. 1999a. Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central México. American Journal of Botany 86 (4): 522-533.
- CASAS A., J. CABALLERO, A. VALIENTE-BANUET. 1999b. Use, management and domestication of columnar cacti in south-central México: a historic perspective. Journal of Ethnobiology 19 (1): 71-95.
- COLUNGA G-M. P, E. HERNÁNDEZ X., A. CASTILLO M. 1986. Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío guanajuatense. Agrociencia 65: 7-49.
- CRUZ M., J. BDIANUS. 1552. Libellus de medicinalibus Indorum herbis Codex Barberini. Reedición IMSS, 1964. México, D.F.

- GIBSON A.C., K. E. HORAK. 1978. Systematics, anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65 (4): 999-1057.
- GONZÁLEZ Q. L. 1972. Las cactáceas subfósiles de Tehuacán, Pue. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 17 (1): 3-15.
- HARLAN J. R. 1975. *Crops and man*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin. USA. 283 p.
- HAWKES J.G. 1983. *The diversity of crop plants*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, London, England. 184 p.
- HERNÁNDEZ X. E. 1993. Aspects of plant domestication in México: a personal view. In: Ramamoorthy T.P., R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds.). *Biological diversity of México: origins and distribution*. Oxford University Press. New York, USA. 733-753 p.
- HOPKINS N.A. 1984. Otomanguean linguistic prehistory. In: Josserand J.K., M. Winter, N. Hopkins (eds.). *Essays in Otomanguean culture history*. Vanderbilt University Publications in Anthropology No. 31. Nashville, Tennessee. USA. 25-64 p.
- LEÓN J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. Segunda edición. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- LUNA M. C. DEL C. 1993. Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala. *Cuadernos Universitarios, serie Agronomía num. 24*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 190 p.
- LUNA M. C. DEL C. 1999. *Etnobotánica de la pitaya mixteca (Pachycereae)*. Tesis de Doctorado en Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México, México. 158 p.
- LUNA-M. C. DEL C., J.R. AGUIRRE. 2001a. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26 (1): 18-24.
- LUNA-M.C. DEL C., J.R. AGUIRRE. 2001b. Aspectos estructurales de las comunidades vegetales con pitayos en la Mixteca Baja y el Valle de Tehuacán, México. *Revista Geográfica* 130: 115-129.
- LUNA-M. C. DEL C., J.R. AGUIRRE. 2001c. Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. y *S. stellatus* (Pfeiff.) Riccob. (Cactaceae) en la Mixteca Baja, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24: 213-221.
- MACNEISH R. S. 1992. *The origins of agriculture and settled life*. University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma. USA. 433 p.
- MARTÍNEZ M. 1987. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- MUNSELL S/f. *The Munsell limit color cascade*. Munsell Color. Macbeth Color & Photometry Division. Baltimore, USA.
- SÁNCHEZ MEJORADA R.H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. In: *Aprovechamiento del pitayo*. ITAO Oaxaca, UAM. México. 6-21 p.
- SANTAMARÍA F.J. 1942. *Diccionario general de americanismos*. Tomo II. Ed. Pedro Robledo. México, D.F.
- SCHWANITZ F. 1966. *The origin of cultivated plants*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 175 p.
- SMITH C.E. JR. 1966. Archeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany* 20 (2): 169-175.
- SMITH C.E. JR. 1967. Plant remains. In: Byers D.S. (ed.). *The prehistory of the Tehuacán Valley, Volume one: Environment and subsistence*. University of Texas Press. Austin, Texas, USA. 220-225 p.
- SMITH C.E. JR. 1968. Archeological evidence for selection of chupandilla and cosahuico under cultivation in México. *Economic Botany* 22 (2): 140-148.
- WINTER M., M. GAXIOLA G., Y.G. HERNÁNDEZ D. 1984. Archeology of the Otomanguean Area. In: Josserand J.K., M. Winter, N. Hopkins (eds.). *Essays in Otomanguean culture history*. Vanderbilt University Publications in Anthropology No. 31. Nashville, Tennessee. USA. 65-107 p.
- WINTER M. 1996. *Cerro de las minas, arqueología de la Mixteca Baja*. Ediciones de la Casa de Cultura de Huajuapán de León. Huajuapán, Oaxaca, México. 64 p.
- ZEVEN A.C., J.M.J. DE WET. 1982. *Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity*.

Pudoc, Wageningen, The Netherlands. 263 p.
ZOHARY D. 1986. The origin and early spread of
agriculture in the old world. In: C. Barigozzi

(ed.). The origin and domestication of cultiva-
ted plants. Elsevier. Amsterdam, The
Netherlands. 3-20 p.