

# RECOLECCIÓN, CULTIVO Y DOMESTICACIÓN DE CACTÁCEAS COLUMNARES EN LA MIXTECA BAJA, MÉXICO

C. del C. Luna-Morales

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, C. P.56230. MÉXICO.  
Tel. 01595-21500 ext. 6469, Fax. 01595-21642. Correo-e: cesarl@taurus1.chapingo.mx

## RESUMEN

Algunas cactáceas columnares se han aprovechado en el Valle de Tehuacán y en la Mixteca Baja, México, adyacente desde hace más de 8,000 años; en la actualidad se observa desde la recolecta de sus frutos en ambientes naturales o poco perturbados, hasta su cultivo y domesticación en ambientes transformados. El presente escrito sintetiza investigaciones recientes sobre los diferentes grados de relación humano-Pachycereae en la Mixteca Baja y propone algunas inferencias sobre la domesticación y el inicio del cultivo de estas especies. El aprovechamiento de 13 cactáceas columnares en la Mixteca Baja varía desde la recolecta de tres especies silvestres hasta la selección y posible domesticación de otras tres, incluyendo diferentes grados de cultivo de otras siete. La divergencia morfológica del fruto de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, entre poblaciones cultivadas, abandonadas, toleradas y silvestres, sugiere una selección humana hacia frutos más grandes y pesados, con algunos atributos de calidad local. Algunas evidencias e inferencias sugieren la posibilidad de que el inicio del cultivo y domesticación de estas especies provenga desde la época prehispánica y mediante un proceso distinto al de algunos frutales mediterráneos y mesorientales cultivados.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Cactaceae, Pachycereae, *Stenocereus*, domesticación, etnobotánica

## COLLECTION, CULTIVATION, AND DOMESTICATION OF COLUMNAR CACTI IN LA MIXTECA BAJA, MEXICO

### ABSTRACT

Some columnar cacti have been used in the Valley of Tehuacan and at the adjacent Mixteca Baja, Mexico, for more than 8,000 years. Currently, one can observe collection of fruits, in natural environments, or little perturbed ones, to cacti cultivation and domestication in transformed environments. The present study synthesizes recent research about the different degrees of human-Pachycereae relationships in the Mixteca Baja, and states some inferences about domestication and the beginning of cultivation for these species. The use of 13 columnar cacti at the Mixteca Baja varies from collection of three wild species up to the selection and possible domestication of other three ones, including different degrees of cultivation of other seven species. Morphological fruit divergence among cultivated, abandoned, tolerated, and wild populations of *Stenocereus pruinosus* and *S. stellatus* suggests human selection toward bigger and heavier fruits, including some local quality attributes. Some evidences and inferences suggest the possibility that the beginning of the cultivation and domestication of these species came from the prehispanic period from a process different to that of cultivated fruits from the Mediterranean and Middle East regions.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** Cactaceae, Pachycereae, *Stenocereus*, domestication, ethnobotany

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad de extender o intensificar el aprovechamiento de una planta depende del conocimiento biológico y ecológico de la especie, de la tecnología adecuada para su uso y manejo, así como de las condiciones de mercado favorables. Dentro de estos requisitos, es esencial el conocimiento del recurso

fitogenético de su manejo y grado de domesticación. De acuerdo con la cultura, el ambiente ecológico y el tiempo, la intensidad con que el humano se relaciona o aprovecha las plantas es gradual; varía desde la recolecta en ambientes silvestres o poco perturbados, hasta el cultivo y domesticación en hábitats transformados por la tecnología agrícola, pasando por distintos grados de transformación del ambiente, del hombre y de las propias plantas.

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. Sin embargo, el proceso silvestre-cultivado-domesticado puede no ser así de directo, y más bien es un continuo que presenta estados intermedios cuya identificación y estudio es importante para el mejoramiento genético, para el mayor aprovechamiento de las plantas por el humano, así como para esclarecer el conocimiento fundamental sobre el origen de la agricultura.

Las cactáceas (alrededor de 1,500 especies) son originarias del continente americano, y de las cerca de 70 especies de cactáceas columnares (Pachycereae), la mayoría tiene su centro de diversificación en México, tanto en su parte meridional, más húmeda, como en la septentrional, más árida (Bravo-Hollis, 1978; Gibson y Horak, 1978; Barthlott y Hunt, 1993). Así como algunas especies de *Opuntia*, las Pachycereae han sido utilizadas por culturas de Meso y Aridoamérica durante miles de años (Smith, 1967; Callen, 1967; Sánchez-Mejorada, 1982; Nabham, 1990; Felger y Moser, 1991), lo cual actualmente se manifiesta en estas regiones en el cultivo de aproximadamente 40 especies de cactáceas (20 columnares) y en la domesticación de unas 17 (tres de ellas columnares) (Zeven y de Wet, 1982; Sánchez-Mejorada, 1984; Hernández X., 1993; Casas *et al.*, 1998; Luna Morales, 1999; Luna-Morales y Aguirre, 2001c; Luna-Morales, 2003).

La Mixteca Baja, ubicada al centro-sur de México, entre los 1,000 y 1,900 msnm y hacia los límites noroccidentales del estado de Oaxaca con Puebla y Guerrero, abarca aproximadamente 10,000 km<sup>2</sup>. Sobre materiales sedimentarios, metamórficos e ígneos (López, 1970), en la Mixteca Baja se han desarrollado una serie de serranías, cañadas y pequeños valles semicálidos, subhúmedos a semiáridos (500 a 800 mm anuales), (Anónimo, 1970; García, 1988) que constituyen la cuenca superior del río Balsas, denominado en esta parte río Mixteco. En estos ambientes predominan los bosques tropicales caducifolios y los matorrales espinosos, la mayoría muy perturbados por el aprovechamiento milenario de las culturas Nuu Yata y Nuiñe (Winter, 1996), impacto al que en los últimos 400 años se ha sumado la ganadería, todo lo cual ha producido erosión intensa y degradación ambiental generalizada (Luna-Morales, 2003). Sin embargo, aún en estas condiciones restrictivas es frecuente encontrar creciendo a las cactáceas columnares, recurso local que puede ser sujeto de un mayor aprovechamiento.

Desde hace unos 8,000 años, en el Valle de Tehuacán y seguramente también en la Mixteca Baja adyacente, se han aprovechado frutos, semillas y tallos de cactáceas columnares. Algunas de ellas pudieron haberse cultivado hacia el 500 D.C. (Callen, 1967; Smith, 1967), cultivo que también es posible inferir a partir de las plantaciones

antiguas abandonadas que se observan en la región, asociadas a ruinas prehispánicas y coloniales, cuya estructura contrasta con las comunidades silvestres (Luna-Morales y Aguirre, 2001b). Así, a través del tiempo, los mixtecos han desarrollado un profundo conocimiento de la clasificación y manejo de estos recursos, que en la actualidad se manifiesta en el aprovechamiento de 13 taxa (Luna-Morales y Aguirre, 2001a). Varias investigaciones recientes abordan esta temática, cuya integración se intenta hacer en el presente escrito.

Bajo las consideraciones mencionadas, el presente escrito sintetiza los diferentes grados de aprovechamiento de 13 cactáceas columnares en la Mixteca Baja, muestra evidencias de domesticación en frutos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*, e infiere algunas implicaciones sobre la domesticación y el inicio del cultivo de estas especies.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Uso y manejo de las Pachycereae

En el Cuadro 1 se sintetizan los principales usos y el número de prácticas de manejo y de variantes reconocidos para los 13 taxa de cactáceas columnares por Luna-Morales y Aguirre (2001a) en la Mixteca Baja. Excepto dos especies (*Stenocereus dumortieri* y *Pachycereus marginatus*), el fruto y la semilla del resto es comestible, ya que, a diferencia de *Opuntia*, las semillas son fácilmente masticables. A pesar de que el fruto y la semilla de 11 taxa son comestibles, debe destacarse el uso más intenso de los frutos de *Stenocereus pruinosus*, *S. stellatus* y de un posible híbrido entre éstas. Las semillas de *Pachycereus grandis* y *P. weberi* son empleadas para enriquecer las tortillas tostadas de maíz, uso que es menos frecuente en las especies de *Stenocereus* e inexistente para el resto, debido al menor tamaño de semilla que dificulta su separación. Solamente el botón floral de *Neobuxbaumia mezcalaensis* es consumido como alimento. El tallo de los 13 taxa se aprovecha de diferentes formas no comestibles (usos 2 al 7 del Cuadro 1), en contraste con su uso prehistórico comestible consignado para Tehuacán (Callen, 1967).

El número de prácticas de manejo varía desde sólo una (cosecha), dos (tolerancia o plantación, y cosecha) y hasta más de 10 (selección y preparación del terreno, selección y corte del material de propagación, plantación, deshierba, reposición de fertilidad, control de predadores, poda y sostén de tallos, cosecha, empaque) (Luna-Morales y Aguirre, 2001a), observándose una correlación positiva entre el número de prácticas de manejo y el de variantes cultivadas; es decir, entre indicadores de cultivo y domesticación. Así, *Stenocereus pruinosus* (pitaya o dichi kua), *S. stellatus* (xoconochtli, dichi kaya o dichi key) y un posible híbrido (Luna-Morales *et al.*, 2001c) son los taxa que se cultivan más intensamente y los que presentan mayor número de variantes, además de ser los más demandados.

CUADRO 1. Uso y manejo de 13 cactáceas columnares en la Mixteca Baja, México. elaborado a partir de Luna-Morales y Aguirre, 2001a y Luna-Morales *et al.*, 2001d.

Género, especie	Usos <sup>2</sup>				Número de	
	Tallo	Flor	Fruto	Semilla	Prácticas de Manejo	Variantes Cultivadas
<b>Stenocereus</b>						
<i>S. pruinosus</i> (Otto) Buxb.	2, 4		1	1	>10	>30
<i>S. stellatus</i> (Pfeiffer) Riccob.	2, 4		1	1	> 7	>10
Posible híbrido <i>S. pruinosus</i> x <i>S. sellatus</i>	2, 4		1	1	> 7	> 2
<i>S. dumortieri</i> (Scheidweil.) Buxb.	2, 3, 4				2	1
<b>Pachycereus</b>						
<i>P. weberi</i> (Coulter) Backeb.	2, 3, 4		1	1	2	1
<i>P. grandis</i> Rose	4		1	1	1	-
<i>P. marginatus</i> (DC.) Britt. & Rose	2, 6				3	1
<b>Polaskia</b>						
<i>P. chichipe</i> (Gossel.) Backeb.	2, 7		1	1	2	1
<i>P. chende</i> (Gossel.) Gibson & Horak	2		1	1	2	?
<b>Myrtillocactus</b>						
<i>M. geometrizans</i> (Mart.) Cons.	2,5		1	1	2	1
<b>Escontria</b>						
<i>E. chiotilla</i> (Weber) Rose	2, 3, 4		1	1	3	2
<b>Neobuxbaumia</b>						
<i>N. mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb.	4	1	1	1	1	-
<b>Cephalocereus</b>						
<i>C. chrysacanthus</i> (Weber) Britt. & Rose	4		1	1	1	-

<sup>2</sup>Usos: 1 (comestible), 2 (cerco vivo, retener erosión), 3 (almiar o henil de rastrojo), 4 (maderable y combustible), 5 (medicinal), 6 (artesanal), 7 (jabón).  
?: se desconoce el dato; - sin variantes cultivadas.

De lo anterior se deduce que en la actualidad se presenta una gradación, desde la recolecta (*Pachycereus grandis*, *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Cephalocereus chrysacanthus* solamente se cosechan porque su propagación vegetativa es difícil) hasta diferentes grados de cultivo *ex situ* o *in situ* (los 10 taxa restantes) y la posible domesticación de *S. pruinosus*, *S. stellatus* y el probable híbrido, híbrido entre estos dos. Vislumbrándose una relación directa entre intensidad de cultivo, intensidad de selección (domesticación) y nivel de consumo, hipótesis interesante para futuras investigaciones. 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 seis de estas cactáceas columnares, dada la evidencia etnobotánica actual (Luna-Morales, 1999; Casas *et al.*, 1999c) y su facilidad de propagación y cruzamiento.

### Cultivares, gigantismo y calidad en *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*

Un primer indicador de la mayor domesticación de estas dos especies es el número de variantes que los mixtecos han seleccionado a través del tiempo (Cuadros 1 y 2). De

acuerdo con Luna-Morales *et al.* (2001d) existe una relación entre la clasificación infraespecífica tradicional de variantes cultivadas de *S. pruinosus* y *S. stellatus* y las presiones selectivas culturales, que en *S. pruinosus* han dado lugar a más de 30 cultivares tradicionales (10 de las cuales son las más comerciales) y en *S. stellatus* a más de 10. Estos cultivares son clasificados por los mixtecos por el color, tamaño y forma del fruto, tamaño y color de la espina, tamaño y cantidad de semilla, dulzura, sabor y época de maduración (Cuadro 2). Luna-Morales *et al.* (2001d) realizaron una caracterización del fruto de estos cultivares con base en 19 variables morfológicas y mediante análisis multivariable de 44 atributos muestran que el posible híbrido entre estas dos especies es más parecido a *S. stellatus*.

Sin embargo, la comparación fenética y genética de poblaciones silvestres y parántropicas es una evidencia más contundente de la posible domesticación. En el Cuadro 3 se presentan evidencias de las diferencias morfológicas que presentan los frutos provenientes de poblaciones silvestres, abandonadas en huertos antiguos, toleradas en terrenos de cultivo de maíz, y cultivadas en huertos familiares y comerciales del área de estudio (Luna-Morales y Aguirre, 2001c).

La superioridad que se observa en el Cuadro 3 para la mayoría de los caracteres 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 *et al.*, 1986) y *S. stellatus* (Casas *et al.*, 1999a). Sin embargo, el gigantismo de *S. pruinosus* es mayor que el de *S. stellatus*, debido a que la primer especie ha estado sujeta a mayores presiones de selección, dada su mayor demanda en el mercado regional y nacional.

Es importante resaltar que algunos atributos de calidad (espinas más largas, cáscara más gruesa y mayor cantidad de semilla) no concuerdan con las tendencias de domesticación señaladas por Schwanitz (1966) y Hawkes (1983) y curiosamente se han considerado indeseables en otros frutos. Sin embargo, para la pitaya son deseables, pues se ha observado que aumentan la duración postcosecha y la semilla puede masticarse fácilmente o mezclarse con maíz para elaborar tortillas.

De acuerdo con Luna-Morales y Aguirre (2001c), puede decirse que los mixtecos cultivan pitayos con frutos más grandes, pesados, dulces, espinosos, con más semilla y de colores más diversos (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) que los que se encuentran en las poblaciones toleradas y silvestres, ya que en los huertos antiguos abandonados se pueden encontrar fenotipos intermedios y de colores diversos.

### Divergencia morfológica del fruto y tendencias de selección en *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus*

Con base en un análisis de componentes principales de 21 poblaciones, Luna-Morales y Aguirre (2001c) mostraron algunas divergencias morfológicas y tendencias de selección en el fruto de estas dos especies. En la Figura 1 se observan algunas tendencias en la ordenación dada por los primeros dos componentes principales (CP) en 77 muestras de frutos de siete poblaciones de *S. pruinosus*. Hacia la izquierda se ubican las variantes silvestres, junto con algunas abandonadas y el posible híbrido, y hacia la derecha las cultivadas con frutos más grandes y pesados, las cuales son consideradas las más comerciales, como es el caso de las variantes Site'e, Iñutun, Intsi'ia, Burra, Negra y Reina. De esta forma, puede interpretarse una primera tendencia en la selección cultural de esta especie, hacia frutos de mayor tamaño, pesados y dulces, pero a la vez con más semilla y espinas más largas (CP1). Casi la mitad de las variantes cultivadas se concentra alrededor del origen de los ejes por lo que puede inferirse un estado intermedio en la tendencia de domesticación resumida por los dos primeros componentes.

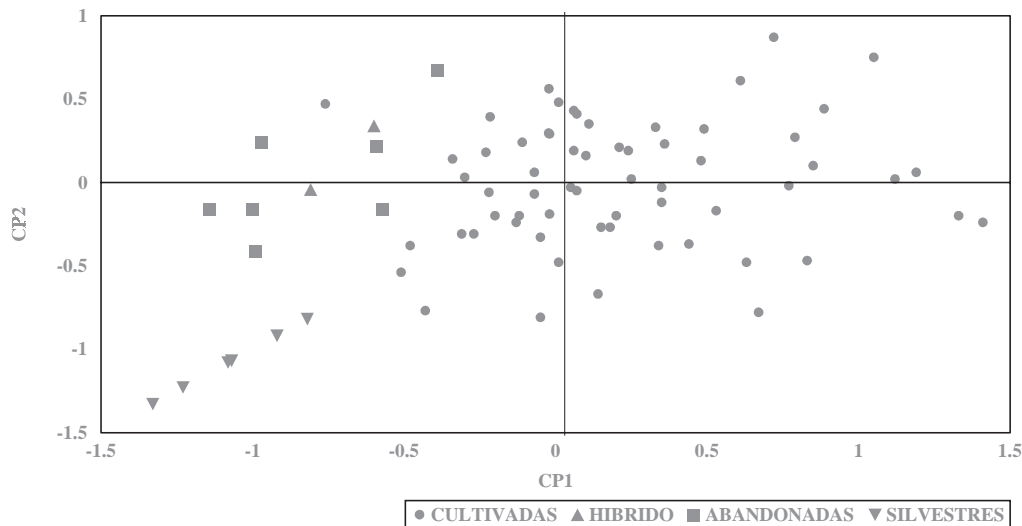
**CUADRO 2. Clasificación tradicional y algunas características del fruto de cultivares de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca Baja, México (modificado de Luna-Morales *et al.*, 2001d).**

Criterio y denominación	Características principales del fruto
<b><i>S. pruinosus</i></b>	
Forma y espinación	
Jarra, cántaro, runchi	Forma de cántaro
Site'e	Forma de escarabajo, pocas espinas cortas
Indo'oyo	Forma esférica, espinas densas
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 espinas	
Iñu tun	Espinas negras
Iñu kushi	Espinas blancas o grises
Iñu kua	Espinas rojas
Iñu ya'a	Espinas naranjas o amarillas
Tamaño y cáscara	
Burra	Fruto grande, cáscara y espinas gruesas
Negra	Fruto grande, cáscara y pulpa guinda
Contenido de semilla	
Chineño	Con pocas semillas
Chicalía	Con muchas semillas
Época de maduración	
Abrileña	Produce pronto, desde abril
Acateca	Tardía
Roja venturera	Producen en mayo y poco en diciembre
Pitayo-xoconochtlí	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
Intsi'ia	Agridulce, tallo desgajable
Dehiscencia	
Sillusa, sindandun	Dehiscentes
Origen	
Monte o cerro 'x'	Lugar donde se obtuvo para propagarla
<b><i>Stenocereus pruinosus</i> x <i>S. sellatus</i></b>	Probable híbrido interespecífico con fructificación bimodal (mayo y agosto)
Pitaya San Gabriel	
<b><i>S. stellatus</i></b>	
Color y fenología	
Dichi key/kaya kua	Amarillo
Dichi key/kaya kua'a	Rojo, madura primero
Dichi key/kaya kushi	Blanco, maduración intermedia
Morado, solferino, rosa	Morado, madura al último
Tamaño, color y dulzura	
Dichi n'doko	Rojo, grande y dulce; como zapote negro
San Pedro	El más grande de los xoconochtlis
Cuyera	Roja, pequeña
Lundita	Roja, pequeña, precoz

**CUADRO 3. Características del fruto de *Stenocereus pruinosus*, *S. stellatus* y un posible híbrido, según el tipo de población, en la Mixteca Baja (Luna-Morales y Aguirre, 2001c).**

Carácter (unidad)	<i>Stenocereus pruinosus</i>			<i>Stenocereus stellatus</i>			Probable híbrido <i>S. pruinosus</i> x <i>S. stellatus</i>
	C	A	S	C	T/A	S	C
Diámetro polar (cm)	8.4 a <sup>z</sup>	6.3 b	4.8 c	6.0 a	4.9 b	4.3 c	6.6
Diámetro ecuatorial (cm)	6.4 a	4.8 b	3.9 c	5.6 a	4.7 b	4.2 c	5.0
Peso total (g)	187.5 a	69.5 b	38.3 b	102.8 a	55.4 b	43.8 b	85.9
Peso de cáscara (g)	38.6 a	27.0 b	15.0 b	23.2 a	14.9 b	12.4 b	15.1
Peso de pulpa (g)	149.3 a	42.5 b	23.4 b	79.5 a	40.6 b	31.4 b	70.8
Peso pulpa/cáscara	4.0 a	2.0 b	1.6 b	3.6 a	3.0 b	2.4 c	4.9
Grosor de cáscara (cm)	0.2 b	0.3 a	0.3 a	0.2 a	0.2 a	0.2 a	0.2
Longitud de espina (cm)	1.8 a	1.3 b	1.2 b	1.3 a	0.9 b	0.8 c	1.2
Número de areolas	51.3 a	49.7 a	44.8 a	30.3 a	32.4 a	26.6 a	42.5
Grados Brix	12.9 a	9.7 b	10.0 b	12.5 a	11.0 b	9.7 c	10.0
Peso de semilla (g)	4.1 a	2.0 b	2.2 b	2.0 a	1.5 b	0.9 c	1.5
Número de semillas	2,044.0 a	1,057.0 b	1,219.0 b	1,571.0 a	1,046.0 b	737.0 c	951.0
Peso de 100 semillas (mg)	203.0 a	187.0 a	183.0 a	128.0 a	139.0 a	126.0 a	162.0
Ancho de semilla (mm)	1.8 a	1.7 a	1.7 a	1.4 a	1.4 a	1.3 a	1.6
Long. de semilla (mm)	2.4 a	2.2 b	2.1 b	2.0 a	1.8 b	2.0 ab	2.2
Grosor de semilla (mm)	1.1 a	1.0 a	1.1 a	0.9 a	1.0 a	1.0 a	1.1
Color de cáscara	32.1 a	32.7 a	28.8 a	27.5 b	35.9 a	35.1 a	39.1
Color de pulpa	37.5 a	35.9 a	37.3 a	35.5 a	39.7 a	37.8 a	39.1

<sup>z</sup>Promedios seguidos por la misma letra en cada hilera y en cada taxon, son similares de acuerdo a una probabilidad de 5 %.  
C: cultivada; A: abandonada; T: tolerada; S: silvestre



**FIGURA 1. Ordenación de 77 muestras de *Stenocereus pruinosus* de la Mixteca Baja, México, basada en 18 características de sus frutos, sobre los componentes principales primero y segundo (Luna-Morales y Aguirre, 2001c).**

Según Luna-Morales y Aguirre (2001c), la ordenación de estas muestras sobre el tercer componente principal mostró otra posible tendencia en el proceso de selección de *S. pruinosus*, relacionada con la búsqueda de frutos con cáscara más gruesa y con mayor peso (como la variantes cultivadas 'Negra' y 'Burra', y algunas abandonadas). Estos caracteres reducen relativamente la parte comestible, pero

son deseables porque permiten una mayor duración postcosecha del fruto, periodo que normalmente no supera los cinco días en los frutos de cáscara delgada. Sin embargo, aún es poco generalizado este móvil de selección, pues la mayoría de las variantes cultivadas presentan cáscara delgada (regionalmente preferidas) dado que su venta en mayor escala y fuera de la región es relativamente reciente.

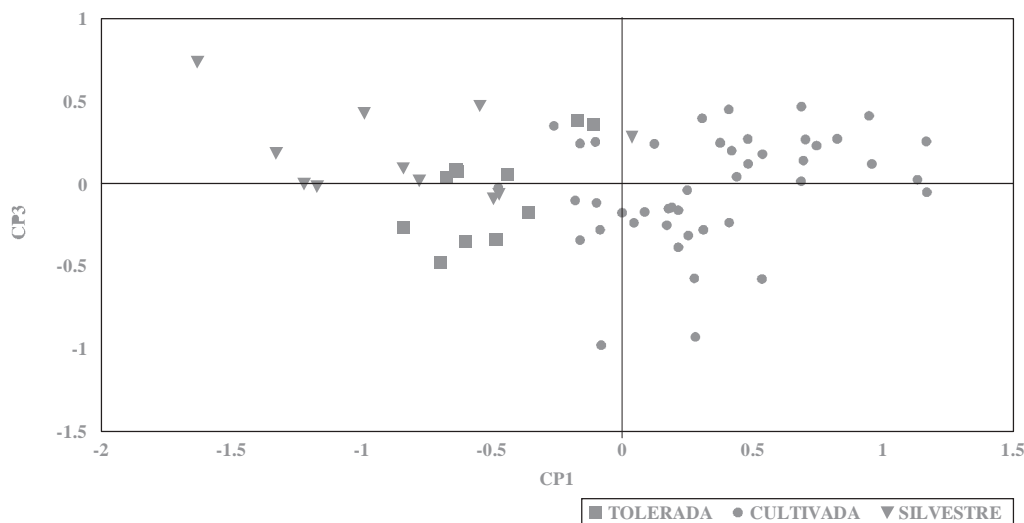


FIGURA 2. Ordenación de 66 muestras de *Stenocereus stellatus* de la Mixteca Baja, México, basada en 18 características de sus frutos, sobre los componentes principales primero y tercero (Luna-Morales y Aguirre, 2001c).

En la Figura 2 se aprecia que las variantes silvestres y toleradas de *S. stellatus* tienden a ordenarse en los 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 (como Dichi n'doko y San Pedro) tienden a ordenarse a la derecha del primer componente. Dentro de éstas, las variantes cultivadas de cáscara más delgada tienden a juntarse en el cuadrante inferior derecho. Esta tendencia consignada por Luna-Morales y Aguirre (2001c) concuerda con lo encontrado por Casas *et al.* (1997, 1999a) y se relaciona con el destino local y regional del xoconochtli, donde los consumidores locales prefieren los frutos con cáscara delgada y no es determinante una mayor duración en postcosecha.

De acuerdo a lo anterior, se puede indicar que los frutos de estas dos especies presentan evidencias de domesticación, tales como aquéllas mencionadas por Schwanitz (1966), Harlan (1975), Hawkes (1983) y León (1987), a saber: cultivares locales, divergencia morfológica y mayor tamaño, peso y calidad de los órganos útiles en las variantes cultivadas. Aunque se podría argumentar influencia ambiental en algunos de estos caracteres, para otros es inequívoco su origen genético (color, fenología, forma). Lo que aunado a su uso milenario y posible cultivo prehispánico, la denominación Mixteca de más de 40 variantes, y sobre todo al amplio conocimiento y tecnología mesoamericana sobre su uso y manejo (Luna-Morales y Aguirre, 2001a), apoya la hipótesis de que se trata de especies que han estado prolongadamente bajo presiones de domesticación. Casas *et al.* (1999a) concluyeron que la selección artificial es la causa principal de la divergencia morfológica entre poblaciones silvestres, cultivadas y manejadas de *S. stellatus*, a pesar de crecer en ambientes diferentes.

De los aproximadamente 10 cambios morfofisiológicos bajo domesticación que se han propuesto (Cuadro 4: Schwanitz, 1966; Hawkes, 1983; Zohary, 1986; León, 1987), se confirman 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 lo es una cáscara más pesada y espinas más largas, lo cual está relacionado con la mayor duración en postcosecha del fruto. Estas características (riqueza de semilla, más espinas y cáscara gruesa) se han considerado indeseables en otros frutos, pero en la pitaya parecen ser caracteres deseables.

#### Algunas inferencias sobre el inicio del cultivo y la domesticación de cactáceas columnares en Mesoamérica

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. Aunque en otros centros de origen de la agricultura los frutales se consideran secundarios y de domesticación posterior a los cereales y leguminosas (Zohary y Hopf, 1988), en Mesoamérica parece que han tenido mayor importancia y a veces prioridad.

Se ha sugerido que algunas especies perennes como el maguey, nopal y otras cactáceas comestibles fueron algunas de las primeras plantas cultivadas en el valle de Tehuacán, que pudieron haber estado bajo cultivo desde 6,500-5,000 A.C. (período el riego; Callen, 1967), pero no se tienen evidencias arqueobotánicas de su cambio morfológico, tal como se ha mostrado con las semillas de aguacate (*Persea americana*), chupandía (*Cyrtocarpa*

*procera*) y cosahuico (*Sideroxylon cf. tempisque*) (Smith, 1966, 1967, 1968).

**CUADRO 4. Correspondencia entre algunas tendencias en la domesticación de plantas con los cambios observados en *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca Baja, México.**

Cambio observado	Tendencias bajo domesticación <sup>2</sup>
Mayor variación en color y forma	Mayor variación morfológica
Más de 40 variantes	Diversidad intraespecífica
Mayor peso de fruto y semilla, mayor tamaño de fruto	Gigantismo de las estructuras de interés
Frutos más dulces, con espina más larga, con más semillas y cáscara más pesada	Mayor calidad
Variantes con maduración más temprana, más tardía y bimodal	Cambios en el ciclo de vida y fenológicos
Propagación vegetativa casi exclusiva	Cambio en biología reproductiva, propagación vegetativa e injerto
Clones alógamos sincrónicos y compatibles	Compatibilidad de clones, autogamia

<sup>2</sup> Schwanitz (1966), Hawkes (1983), Zohary (1986) y León (1987).

Cuando en el Valle de Tehuacán y en la Mixteca Baja se observan densas poblaciones de *Stenocereus pruinosus*, *S. stellatus*, *Ecentria chiotilla* y *Opuntia* spp., asociadas a evidencias de antiguos asentamientos (restos de cerámica y de cimientos prehispánicos, puntas de obsidiana, hachas de piedra, etc.), se tiende a aceptar que esos rodales constituyen remanentes de huertos de gran antigüedad y un posible origen de la agricultura en esas condiciones. Luna y Aguirre (2001c) han mostrado cómo algunos frutos de *S. pruinosus* provenientes de huertos abandonados tienden a agruparse con los cultivados, pero otros se agrupan con los silvestres, hecho que sugiere un genoma distinto y una antigua selección humana, quizá milenaria. Así mismo, Luna y Aguirre (2001b) han evidenciado que los huertos antiguos presentan mayores densidades de población de *S. pruinosus* y *S. stellatus*. Probablemente estos huertos prehispánicos inicialmente se formaron por la remoción de algunas plantas indeseables para permitir el mejor crecimiento de las deseadas, es decir, un manejo *in situ* agroforestal inicial, y con el tiempo se formaron huertos más especializados, con plantas seleccionadas y cultivadas *ex situ*. Aunque estas hipótesis requieren de métodos más precisos (experimentos ecológicos, fechamientos arqueológicos, marcadores moleculares) para confrontarse, es interesante considerarlas para futuros estudios.

Mientras tanto, es importante mencionar que los prerrequisitos para la domesticación de algunos frutales bíblicos (dátil, higo, olivo, vid) (sedentarismo completo, cambio en la biología reproductiva de dioecia a hermafroditismo, y dominio de la propagación vegetativa, que incluye al injerto), mencionadas por Spiegel-Roy (1986) y Zohary y Hopf (1988), parecen ausentes para el cultivo y

domesticación de cactáceas, ya que muchas de éstas se propagan casi espontáneamente y su autoincompatibilidad parece ser fácilmente resuelta por distintos polinizadores como insectos, colibríes y murciélagos (Casas *et al.*, 1998, 1999b). De esta forma, la domesticación de algunas de estas cactáceas parecen corresponder con lo que Harlan (1975) denominó domesticación instantánea, porque solo requiere seleccionar los clones deseados, observados durante los largos recorridos de caza, recolecta y/o pastoreo (lo cual puede ser lo más laborioso y tardado), 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 desarrollo.

Así, es probable que el cultivo y domesticación de estas cactáceas en Mesoamérica se haya iniciado antes del cultivo de las anuales (como lo propone la "vegecultura"), probablemente hace unos 8,000 años o más, como lo sugiere Callen (1967). Otras evidencias sugieren que estos procesos posiblemente fueron iniciados en tiempos prehispánicos, posiblemente hacia el clásico mesoamericano, cuando la cultura Nuiñe floreció en la Mixteca Baja (Winter, 1996); y así, es posible que su cultivo y selección hayan persistido hasta la actualidad, o incluso se hayan intensificado, por su demanda creciente en las últimas décadas. Por lo pronto, *S. pruinosus* y *S. stellatus* y el posible híbrido entre estas dos especies deberían agregarse a las casi 100 plantas mesoamericanas reconocidas como domesticadas por MacNeish (1992) y por Hernández X. (1993), y reconocerse su potencial inmediato para la fruticultura mexicana.

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento de 13 cactáceas columnares en la Mixteca Baja varía desde la recolecta de tres especies silvestres hasta la selección y posible domesticación de otras tres, incluyendo diferentes grados de cultivo de otras siete. La divergencia morfológica del fruto de *S. pruinosus* y *S. stellatus* entre poblaciones cultivadas, abandonadas, toleradas y silvestres indica una selección humana hacia frutos más grandes y de mayor peso; algunos con más semillas, espinas y cáscara. Algunas evidencias e inducciones sugieren la posibilidad de que el inicio de su cultivo y domesticación proviene desde la época prehispánica y de manera distinta a algunos frutales mediterráneos y mesorientales cultivados.

## LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1970. Cartas Climáticas 1:500 000, 14Q-VI, 14Q-VIII. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México.
- BARTHLOTT, W.; HUNT, D. R. 1993. Cactaceae, pp. 161-196. *In*: The Families and Genera of Vascular Plants. Flowering Plants. Dicotyledons. Vol. 2. KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (eds.). Springer Verlag. Berlín Heidelberg, Germany.

- BRAVO-HOLLIS, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I. 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 743 p.
- CALLEN, E. O. 1967. Analysis of the Tehuacan coprolites, pp. 261-289. *In: The Prehistory of the Tehuacan Valley*. BYERS, D.S. (ed.). University of Texas Press. Austin, Texas, USA.
- CASAS, A.; PICKERSGILL, B.; CABALLERO, J.; VALIENTE-BANUET, A. 1997. Ethnobotany and domestication in xoconochtli, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacan Valley and La Mixteca Baja, México. *Economic Botany* 51: 279-292.
- CASAS, A.; VALIENTE-BANUET, A.; CABALLERO, J. 1998. La domesticación de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62: 129-140.
- CASAS, A.; CABALLERO, J.; VALIENTE-BANUET, A.; SORIANO, J.A.; DÁVILA, P. 1999a. Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central Mexico. *American Journal of Botany* 86: 522-533.
- CASAS, A.; VALIENTE-BANUET, A.; ROJAS-MARTÍNEZ, A.; DÁVILA, P. 1999b. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *American Journal of Botany* 86: 534-542.
- CASAS, A.; CABALLERO, J.; VALIENTE-BANUET, A. 1999c. Use, Management and domestication of columnar cacti in south-central Mexico: a historic perspective. *Journal of Ethnobiology* 19: 71-95.
- COLUNGA, P.; HERNÁNDEZ X., E.; CASTILLO M., A. 1986. Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío guanajuatense. *Agrociencia* 65: 7-49.
- FELGER, R. S.; MOSER, M. B. 1991. People of the Desert and the Sea, Ethnobotany of the Seri Indians. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. 438 p.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuarta ed. D.F., México. 246 p.
- GIBSON, A. C.; HORAK, K. E. 1978. Systematic, anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Ann. Missouri Bot. Garden* 65(4): 999-1057.
- 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, USA. 184 p.
- HERNÁNDEZ X., E. 1993. Aspects of plant domestication in Mexico: a personal view, pp. 733-753. *In: Biological Diversity of Mexico: origins and distribution*. RAMAMOORTHY, T. P.; BYE, R.; LOT, A.; FA, J. (eds.). Oxford University Press. New York, USA.
- LEÓN, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. Segunda edición. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- LÓPEZ R., E. 1970. Cartas Geológicas 1:500 000 de los Estados de Oaxaca, Guerrero, Puebla y Tlaxcala, Segunda edición. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., México,
- LUNA-MORALES, C. 1999. Etnobotánica de la pitaya mixteca (Pachycereae). Tesis de Doctor en Ciencias, Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 158 p.
- LUNA-MORALES, C.; AGUIRRE, R. 2001a. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interiencia* 26: 18-24.
- LUNA-MORALES, C.; AGUIRRE, R. 2001b. Aspectos estructurales de las comunidades vegetales con pitayos (*Stenocereus* spp.) en la Mixteca Baja y el Valle de Tehuacán. *Revista Geográfica* 130: 115-129.
- LUNA-MORALES, C.; AGUIRRE, R. 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.
- LUNA-MORALES, C.; AGUIRRE, R.; PEÑA-V., C.B. 2001d. Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* 72: 131-155.
- LUNA-MORALES, C. 2003. La Mixteca Baja y las cactáceas columnares (Too/Tnu Dichi). *Revista de Geografía Agrícola* 32: 25-42.
- MACNEISH, R. S. 1992. The Origins of Agriculture and Settled Life. University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma, USA. 433 p.
- NABHAM, G. P. 1990. Gathering the Desert. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. 209 p.
- SÁNCHEZ MEJORADA, H. 1982. Algunos usos prehispánicos de las cactáceas entre los indígenas de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Gobierno del Estado de México. Toluca, México. 48 p.
- SÁNCHEZ MEJORADA, H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. En *Aprovechamiento del pitayo*. ITAO Oaxaca, UAM. Oaxaca. México. pp. 6-21.
- SCHWANITZ, F. 1966. The Origin of Cultivated Plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA. 175 p.
- SMITH, C. E. 1966. Archeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany* 20: 169-175.
- SMITH, C. E. 1967. Plant remains, pp. 220-225. *In: The Prehistory of the Tehuacan Valley, Volume one: Environment and subsistence*. Byers, D.S. (ed.). University of Texas Press. Austin, Texas, USA.
- SMITH, C. E. 1968. Archeological evidence for selection of chupandilla and cosahuico under cultivation in Mexico. *Economic Botany* 22: 140-148.
- SMITH, C. E. 1988. Evidencias arqueológicas sobre los inicios de la agricultura en Mesoamérica, pp. 91-112. *In: Coloquio V. Gordon Childe*. MANZANILLA, L. (ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México.
- SPIEGEL-ROY, P. 1986. Domestication of fruit trees, pp. 201-211. *In: The Origin and Domestication of Cultivated Plants*. BARIGOZZI, C. (ed.). Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- WINTER, M. 1996. Cerro de las Minas, Arqueología de la Mixteca Baja. Ediciones de la Casa de la Cultura de Huajuapán de León. Huajuapán, Oaxaca, México. 64 p.
- ZEVEN, A. C.; DE WET, J. M. J. 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, pp. 3-20. *In: The Origin and Domestication of Cultivated Plants*. BARIGOZZI, C. (ed.). Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- ZOHARY, D.; HOPF, M. 1988. Domestication of Plants in the Old World. Oxford University Press. Oxford, UK. 249 p.