

# Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica



ALEJANDRO CASAS Y  
JAVIER CABALLERO

Investigaciones arqueológicas realizadas en distintas partes del mundo permiten identificar regiones en donde se encuentran los restos más antiguos de plantas cultivadas, mismas que son consideradas como probables centros de origen de la agricultura. Entre las regiones con restos más antiguos se tienen registradas hasta el momento la zona conocida como Creciente Fértil en el Medio Oriente, y Mesoamérica, sobre todo en la parte central de México. Se estima que en la primera región, la agricultura pudo haber empezado a utilizarse hace alrededor de 11 000 años, mientras que en Mesoamérica esto pudo haber ocurrido hace 9 000 o 10 000

años. Otras regiones igualmente importantes son la zona andina de Perú, Ecuador y Chile; África ecuatorial; la región mediterránea; el sureste asiático y algunas regiones del norte de China.

Se sabe que la adopción de la agricultura fue un proceso paulatino y que al parecer surgió independientemente en cada uno de los sitios mencionados. Sin embargo, existen aún muchas interrogantes acerca de cómo y por qué empezó a adoptarse la agricultura como la forma principal de subsistencia humana. Algunos autores opinan que la escasez de los recursos obtenidos mediante la recolección, debido a cambios climáticos o al cre-

cimiento de la población humana, pudo haber sido un factor que estimulara su uso de manera cada vez más generalizada. Otros autores consideran que su adopción debe verse más bien como una etapa de un proceso de desarrollo tecnológico.

En la búsqueda por comprender el origen de la agricultura, a las investigaciones arqueológicas se suman también los estudios etnográficos y etnobiológicos que se realizan en sociedades presentes. Estos estudios, sobre todo aquellos que se llevan a cabo en grupos humanos que aún subsisten parcial o totalmente con base en la caza y la recolección de plantas silvestres, permiten representar los

vierten en una opción para resolver directamente tal o cual requerimiento de la subsistencia humana o como materia prima para la industria.

Aún más impresionante resulta quizás la variabilidad que es posible encontrar dentro de cada una de estas especies, y que también ha sido usada y manejada diferencialmente por las culturas mesoamericanas. Así, a manera de ejemplo, en un estudio sobre las pitayas o xocochiltles (*Stenocereus stellatus*), se puede observar que los popolocas, los mixtecos y los nahuas del Valle de Tehuacán y la Mixteca Baja, reconocen y clasifican la variabilidad de esta especie con base en los rasgos de cinco caracteres de los frutos. Los caracteres y sus rasgos son los siguientes: 1) color, distinguen variedades rojas, rosadas, verdes, amarillas, anaranjadas y color púrpura; 2) sabor, distinguen variedades dulces y agrias; 3) tamaño, distinguen variedades pequeñas y grandes; 4) cáscara, gruesa o delgada; 5) frutos espinosos y no espinosos. Una combinación de los rasgos de únicamente estos cinco caracteres hace posible la existencia de 144 variantes posibles, cada una de ellas con un significado cultural y con un papel utilitario particular. Así, por ejemplo, la gente considera como mejores frutas para el consumo directo las de mayor tamaño, de color verde, sabor dulce, cáscara delgada y no espinosas. Sin embargo, las de sabor agrio son preferidas para la elaboración de bebidas y mermeladas; las de frutos espinosos son más resistentes a los ataques de los depredadores, las variedades de cáscara gruesa son más resistentes a la pudrición y por lo tanto resisten más las largas jornadas de transporte, etc. Toda esta gran variedad biológica y experiencia tecnológica existe tan sólo para una especie.

En las 5 000 a 7 000 especies y en su variabilidad intraespecífica existe un amplio abanico de opciones concretas y potenciales para resolver problemas de alimentación, salud, construcción,

vestido, etc. Muchas de estas especies no sólo son desconocidas por la mayor parte de la población del país, sino que incluso son destruidas cotidianamente a la par de la destrucción de los hábitats naturales.

Uno de los retos más urgentes para la ciencia y para la sociedad contemporánea es la búsqueda de formas de desarrollo sustentable, que permitan mejorar la calidad de la vida humana sin destruir la naturaleza. En México, esta búsqueda debe partir de considerar su inmensa riqueza biológica y cultural. La formulación de cualquier estrategia de manejo sustentable de los recursos naturales no sólo debe tomar en cuenta la necesidad de conservar tan importante patrimonio, sino que además, debe considerarse que este reservorio de diversidad constituye un punto de apoyo fundamental para el desenvolvimiento de la potencialidad productiva y cultural. Para ello, es preciso conocer cada uno de los recursos, evaluar sus potencialidades, diseñar estrategias de conservación de las especies y su variabilidad intraespecífica, llevar a cabo programas de desarrollo tecnológico basados en estos recursos y producirlos a mayor escala. La experiencia de los domesticadores mesoamericanos en el uso y manejo de estos recursos constituye un importante trecho andado en el conocimiento y uso de la diversidad biológica del país. Por ello, una de las principales

tareas de la etnobiología es rescatar, para toda la sociedad, la tan inmensa cultura diseminada en la regiones y pueblos de México.

## Bibliografía

- Bye, R.A. 1993. "The role of humans in the diversification of plants in Mexico", en T.P. Rammamoorthy, R.A. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Biological Diversity of Mexico*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 707-731.
- Byers, D.S. (ed.) 1967. *The Prehistory of the Tehuacan Valley. Environment and Subsistence*. Tomo I, University of Texas Press, Austin.
- Caballero, J. 1994. "La dimension culturelle de la diversité végétale au Mexique", en *Journal D'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, (nueva época) 36(2): 145-158.
- Casas, A. 1992. *Etnobotánica y procesos de domesticación en Leucaena esculenta (Moc. et Sessé ex A.DC.) Benth.* Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Casas, A., J.L. Viveros y J. Caballero. *Etnobotánica mixteca: sociedad cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero*. INI-CONACULTA, México. En prensa.
- Flannery, K.V. (ed.) 1986. *Guilá Naquitz*. Academic Press, Nueva York.
- Harlan, J.R. 1975. *Crops and Man*. Foundation for Modern Cropscience Series, American Society of Agronomy, Madison.
- Hernández-X., E. 1985. *Biología agrícola*, CECSA, México.

Alejandro Casas y Javier Caballero  
Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM



procesos que pudieron haber ocurrido durante los albores de la agricultura. De esta forma, los estudios etnográficos y etnobiológicos aportan cada vez más elementos de análisis para reconstruir la prehistoria y para entender los móviles que llevaron a las sociedades humanas a adoptar la agricultura como la manera principal de obtener los medios de subsistencia.

El propósito de este artículo es presentar ejemplos de formas de manejo de plantas que, en el pasado y en el presente, han llevado a cabo los indígenas en Mesoamérica. Los ejemplos del pasado se basan en estudio arqueológicos, mientras que los ejemplos del presente se basan en investigaciones etnobiológicas. Con base en estos ejemplos, se discuten algunas hipótesis sobre el origen de la agricultura y la domesticación de plantas en Mesoamérica.

### Recolección, agricultura y domesticación

En la actualidad la población indígena rural mexicana basa su subsistencia en la agricultura, principalmente en la temporalera de maíz, frijol y chile, sus alimentos básicos. No obstante, cerca de 15% de los elementos de su dieta todavía se obtienen de la caza y la recolección de una gran variedad de animales y plantas silvestres. La agricultura y la recolección de plantas han tenido una larga historia de coexistencia en Mesoamérica. Diferentes investigaciones arqueológicas en sitios de ocupación humana en la prehistoria muestran que hace aproximadamente 8500 años, la caza y la recolección eran actividades predominantes de los hombres mesoamericanos y que el cultivo de plantas era aún incipiente (Tabla 1). Sin embargo, a lo largo del tiempo la agricultura se fue convirtiendo en una actividad cada vez más importante, y poco antes de la Conquista española cerca de 80% de la subsistencia indígena dependía de plantas cultivadas (Tabla 2).

Si se comparan los procesos de obtención de recursos de algunos grupos indígenas de México, las diferencias entre for-

mas de manejo agrícola y de recolección pueden ser muy tenues. Por esta razón, para discutir el origen de la agricultura es necesario ante todo caracterizar los rasgos distintivos de este proceso y distinguirlo de otras formas de obtener recursos. La principal diferencia entre la recolección de plantas y la agricultura es que mientras que la primera actividad implica una cosecha directa de productos naturales, la segunda involucra un proceso productivo mediante el cual la naturaleza es transformada y la disponibilidad de recursos controlada. Un manejo agrícola generalmente incluye alguna forma de manipulación del ambiente que tiene como propósito crear un medio artificial en el que el hombre procura controlar variables, como cantidad de nutrientes, humedad, luz, temperatura, competidores, depredadores y otros factores ecológicos, con el fin de asegurar la disponibilidad de recursos vegetales. Al proceso en el que se manipula el ambiente y se propagan plantas en un medio artificialmente producido se le puede considerar en general como cultivo.

Hernández-X. considera que para cultivar una especie silvestre es necesario modificar el esquema genético resultante de procesos de selección natural a otro esquema adaptado a condiciones manejadas por el hombre y a otros propósitos antropocéntricos. Esta observación pone de relieve que un manejo agrícola incluye también mecanismos de manipulación de los genotipos de las plantas por el hombre. La manipulación de los genotipos es la actividad cultural que permite al hombre adecuar la diversidad biológica a las necesidades de la sociedad humana y a las condiciones artificiales de manejo. Esta manipulación se lleva a cabo principalmente a través de una forma particular de selección: la selección artificial.

Fue Darwin quien primero describió la manera en que opera la selección artificial en plantas y animales, mediante el favorecimiento de los individuos desea-

bles y la eliminación de los indeseables. En las plantas, este proceso puede tener resultados espectaculares en tiempos relativamente breves con la siembra y plantación *ex situ* de generaciones sucesivas. No obstante, cuando se analizan otras formas de manejo *in situ*, ni los procesos selectivos ni sus resultados son tan evidentes como en la siembra *ex situ*.

La selección artificial y otras fuerzas evolutivas artificiales están encaminadas a diseñar y crear organismos que satisfagan los requerimientos humanos y que puedan crecer en ambientes creados por el hombre. El proceso evolutivo que resulta de la manipulación humana de genotipos de plantas y animales es justamente el proceso de domesticación. Por lo tanto, la agricultura es un proceso productivo en el cual están involucrados tanto el cultivo como la domesticación de las plantas.

### Origen de la agricultura en Mesoamérica, evidencias arqueológicas

El área cultural conocida como Mesoamérica, que abarca aproximadamente la mitad sureña de México y parte de Centroamérica, ha sido considerada como uno de los centros más importantes de domesticación de plantas en el mundo. Una posible explicación a esto puede ser la coexistencia de una extraordinaria diversidad vegetal y una larga historia cultural. Así, tan sólo en México existen cer-



ca de 30 000 especies de plantas con flores y más de 50 grupos étnicos indígenas. Los pueblos indígenas de México actualmente usan y manejan más de 5 000 especies de plantas, con las que mantienen diferentes formas de interacción. Por esta razón, Mesoamérica puede ser considerada como un laboratorio viviente de domesticación de plantas. Y todo parece indicar que lo ha sido durante miles de años.

Las investigaciones arqueológicas de la prehistoria mesoamericana llevadas a cabo por MacNeish en la Sierra de Tamaulipas y en el Valle de Tehuacán, Puebla, y por Flannery en Guilá Naquitz, Oaxaca, han revelado importante información sobre las primeras etapas de domesticación de plantas y el origen de la agricultura en Mesoamérica.

En el Valle de Tehuacán, Smith y MacNeish coinciden en que las primeras evidencias de cambios morfológicos en plantas, determinados por la manipulación humana, se encuentran en la chupandía (*Cyrtocarpa procerá*), el aguacate (*Persea americana*) y el chile (*Capsicum annuum*) en estratos de hace aproximadamente

8 000 años. En Guilá Naquitz, Flannery encontró las evidencias más antiguas de domesticación en los guajes (*Lagenaria siceraria*) y las calabazas (*Cucurbita pepo*) en estratos de hace aproximadamente 9 000 años. De acuerdo con estos autores, en ambos sitios el cultivo de maíz pudo haber ocurrido hasta unos dos mil años después que las plantas mencionadas.

Aunque no existen suficientes pruebas, MacNeish considera que debido a que el aguacate y el chile no son nativos del Valle de Tehuacán, los antiguos especímenes allí encontrados podrían ser individuos cultivados y que, por lo tanto, en esa región el cultivo pudo haber iniciado hace alrededor de 8 000 años. Este autor considera que posiblemente hubo dos tipos de agricultura en el Valle de Tehuacán, uno de ellos llamado horticultura de barranca, el cual consistía en sembrar plantas, como las calabazas, en las barrancas cercanas a las cuevas que habitaban los hombres prehistóricos. Al otro tipo de agricultura incipiente lo llama hidro-horticultura, y consistía en que individuos domesticados, por ejemplo de aguacate o de chile, eran plantados junto a los manantiales o en las playas del río Salado, donde recibían riego durante todo el año.

Existe un tercer tipo posible de cultivo incipiente en el Valle de Tehuacán, del cual tampoco existen suficientes pruebas, y que fue considerado por Smith. Las características de este tipo de cultivo se deducen a partir de las siguientes ideas propuestas por Smith:

1) La agricultura, en cualquiera de sus formas, implica favorecer plantas útiles en detrimento de las no útiles. El objetivo primordial de los primeros agricultores, entonces, fue promover la abundancia de ciertas especies deseables de entre la flora local.

2) Las primeras formas de cultivo que utilizó la gente del área de Tehuacán involucró sólo la remoción de algunas plantas indeseables en pequeños parches de terrenos, con el fin de crear un hábitat favorable para algunas plantas deseables, que se plantaban ya sea a partir de sus partes vegetativas (estacas o hijuelos) o a partir de sus semillas.

3) Cuando los indígenas clareaban espacio para plantar, la mayoría de las especies de plantas útiles no eran removidas. El mezquite y otras leguminosas, la chupandilla, los nopales y otros cactus comestibles, así como muchas otras especies eran dejadas en pie. Los cultivadores plantaban las especies que querían cose-



char entre estas plantas, las que crecían con mucho éxito. Entonces, la vegetación natural nunca era removida totalmente, y después de que una parcela como tal era abandonada, eventualmente podrían regresar a ella.

Con base en estas ideas, Smith consideraba que los primeros cultígenos de Tehuacán fueron probablemente los magueyes (*Agave* spp.) y los nopales (*Opuntia* spp.) ya que estas plantas se propagan vegetativamente y, además, existen evidencias arqueológicas de que fueron elementos regulares en la dieta humana.

Desde nuestro punto de vista, este tercer tipo de agricultura incipiente podría ser denominado silvicultura de tierras secas, pues en él los hombres probablemente favorecieron el crecimiento de plantas útiles tales como leguminosas, nopales, cactus, árboles frutales, etc., en ambientes secos, de manera similar a la que propone MacNeish en el modelo de horticultura de barranca.

En resumen, los estudios arqueológicos de la prehistoria en Mesoamérica sugieren que el cultivo y domesticación de importantes cultivos como el maíz y el frijol fueron precedidos por experiencias de domesticación de otras plantas. Dichos estudios no permiten esclarecer si existieron formas de manipulación de plantas anteriores a los primeros signos de plantas domesticadas. No es posible concluir tampoco cómo fueron las primeras formas de cultivo. La información etnobotánica sobre el manejo actual de algunas especies puede contribuir a interpretar la información arqueológica.

### El manejo actual de las plantas por los pueblos indígenas mesoamericanos

En la actualidad, los procesos de domesticación se llevan a cabo activamente en Mesoamérica. En estos procesos se incluyen plantas que tienen ya un grado avanzado de domesticación, esto es, que dependen del hombre en gran medida para sobrevivir y reproducirse. Pero, además,

los pueblos mesoamericanos también domesticaron plantas arvenses y silvestres con poco o ningún grado de domesticación. Las primeras son plantas que crecen en hábitats creados por el hombre pero que no dependen de éste para sobrevivir y reproducirse, mientras que las segundas crecen naturalmente fuera de los hábitats perturbados por el hombre y no pueden invadirlos con facilidad. Los procesos de domesticación pueden incluir diferentes especies, pero también poblaciones silvestres, arvenses y domesticadas de una misma especie.

Los estudios etnobotánicos han revelado que en Mesoamérica existe un amplio espectro de formas de interacción entre hombres y plantas. Sin embargo, es posible distinguir dos formas principales de manejo: *in situ* y *ex situ*.

El manejo *in situ* incluye interacciones que se llevan a cabo en los mismos espacios ocupados por las poblaciones de plantas arvenses y silvestres. A este nivel, los hombres pueden tomar productos de la naturaleza sin perturbaciones significativas, como en algunas formas de recolección, pero también pueden alterar consciente o inconscientemente la estructura fenotípica o genotípica de las poblaciones vegetales con el fin de mejorar sus cualidades utilitarias o para incrementar la cantidad de algunas especies deseables. Las principales formas de manejo *in situ* son:

1. **Recolección.** Consiste básicamente en tomar las plantas útiles o sus partes directamente de las poblaciones naturales. La mayor parte de las plantas útiles silvestres y arvenses reportadas en los estudios etnobotánicos son recolectadas.

2. **Tolerancia.** Esta forma de manejo incluye prácticas dirigidas a mantener, dentro de ambientes creados por el hombre, las plantas útiles que existían antes de que los ambientes fueran transformados. Así, en las zonas rurales indígenas de México es muy común observar que durante los deshierbes de las milpas, la gente tolera diferentes especies de plantas arvenses comestibles anuales o queli-

tes. Ejemplos de esta forma de manejo se pueden apreciar en los quintoniles (*Amaranthus hybridus*), las verdolagas (*Portulaca oleracea*) y los tomates verdes (*Physalis philadelphica*) en muchos sitios de México. En la Montaña de Guerrero se observa el mismo fenómeno en los alaches (*Anoda cristata*) y en los chipiles (*Crotalaria pumila*). Esta misma forma de manejo también se observa entre especies perennes. Por ejemplo, en el Valle de Tehuacán y en la cuenca del río Balsas es muy común que la gente tolere en las milpas mezquites (*Prosopis laevigata*); guamúchiles (*Pithecellobium dulce*) y guajes colorados (*Leucaena esculenta*) así como magueyes (*Agave* spp.); "nopales" (*Opuntia* spp.); "pitayas" (*Stenocereus* spp.) y otras cactáceas comestibles.

3. **Fomento o inducción.** Este tipo de manejo consiste en diferentes estrategias dirigidas a incrementar la densidad de población de plantas útiles en sus hábitats naturales. Incluye la siembra de semillas o la propagación intencional de estructuras vegetativas en los mismos lugares ocupados por las poblaciones de plantas silvestres o arvenses. Un ejemplo de esta forma de manejo es el que practican los mixtecos de la Montaña de Guerrero para aumentar la cantidad de palmas de la especie *Brahea dulcis*. Esta palma, que es un recurso muy importante para elaborar sombreros y petates que son comercializados por la gente, posee un sistema de reproducción vegetativa por medio de estolones que tienen la particularidad de ser resistentes al fuego. En algunas zonas que reúnen condiciones ambientales favorables para la palma, los mixtecos provocan incendios para eliminar deliberadamente arbustos, hierbas y plántulas de árboles, con el fin de eliminar competidores y favorecer el crecimiento de la palma. Un principio similar es empleado para fomentar el crecimiento de algunos pastos con el fin de incrementar la cantidad de forraje para el ganado.

En el Valle de Tehuacán, los popolocas propagan vegetativamente algunas

especies de cactáceas útiles en las comunidades vegetales naturales. A partir de ramas, propagan las pitayas (*Stenocereus stellatus*, *S. pruinosus* y *S. marginatus*); el chichipe (*Polaskia chichipe*) y el chende (*Polaskia chende*), así como el baboso (*Pachycreus hollianus*) y a partir de brotes de ramas propagan el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) y el chiotillo (*Escontria chiotilla*).

En muchas partes de México, es común que los pueblos indígenas no sólo toleren sino que incluso propaguen intencionalmente semillas de plantas arvenses deseables dentro de los campos de cultivo, con el fin de aumentar su densidad de población. Ejemplos de esta forma de manejo pueden observarse en la Montaña de Guerrero con los tomates verdes, los quintoniles, los alaches y los chipiles. Los mixtecos inducen el aumento de la disponibilidad de estas plantas durante el temporal con fines de autoconsumo. Durante la temporada de secas, los campesinos que cuentan con terrenos de riego logran incluso comercializar sus productos debido a la escasez de estas plantas durante dicho periodo.

4. Protección. Esta forma de manejo consiste en cuidados especiales a plantas arvenses y silvestres que los campesinos realizan con el fin de asegurar y ampliar su producción. Estos cuidados incluyen la erradicación de competidores y la protección contra depredadores, fertilización, podas, protección contra heladas, etc. Robert Bye describió un ejemplo de esta forma de manejo entre los tarahumaras, quienes eliminan competidores de unas cebollas silvestres en sus poblaciones naturales. En la Montaña de Guerrero también se observan ejemplos de esta forma de manejo con el guaje colorado, así como con los tomates verdes y los tomates de culebra, que son formas arvenses de los jitomates (*Lycopersicon esculentum*). En el primer caso, los campesinos mixtecos realizan podas de algunos árboles preferidos y ocasionalmente también los fumigan para protegerlos contra plagas de brúquidos. En el caso de los toma-

tes verdes y jitomates arvenses, los mixtecos fertilizan, fumigan y protegen contra las heladas a estas plantas que juegan un papel muy importante en su dieta.

Por otro lado, el manejo *ex situ* incluye interacciones que se llevan a cabo por fuera de las poblaciones naturales, en hábitats creados y controlados por el hombre. Estas formas de manejo se usan comúnmente con plantas domesticadas, aunque también con plantas silvestres y arvenses. Existen dos formas principales de manejo *ex situ*:

1. Trasplante. Consiste en el trasplante de individuos completos tomados de las poblaciones naturales. Ejemplos de esta forma de manejo se pueden observar en la Montaña de Guerrero con el maguey mezcalero (*Agave cupreata*), y una guayaba silvestre conocida localmente como guayaba tlahuanca (*Psidium guajava*). En el primer caso, las plántulas del maguey son llevadas a las milpas con el fin de formar bordos de contención de suelos y para eventualmente utilizar los productos de esta planta (flores y hojas comestibles, así como tallos para la elaboración de mezcal). En el caso de la guayaba tlahuanca, los hijuelos de árboles silvestres son transplantados a los huertos familiares. En el Valle de Tehuacán se pueden observar ejemplos similares con varias especies de magueyes pulqueros y mezcaleros, así como con el garambullo.

2. Siembra y plantación. Esta forma de manejo incluye la propagación *ex situ* de estructuras reproductivas sexuales y vegetativas. Los guajes (*Leucaena* spp.), los aguacates y varias especies de frutales, tales como guayabas, nanches (*Byrsonima crassifolia*), zapote blanco (*Casimiroa edulis*) y ciruelas (*Spondias mombin*) son algunos ejemplos de árboles silvestres propagados por semilla en los huertos mixtecos de la Montaña de Guerrero. Por otro lado, las ciruelas, el chupandillo, los nopales, las pitayas (*Stenocereus* spp.), los colorines (*Erythrina* spp.) y los copales (*Bursera* spp.), son ejemplos de árboles silvestres cuyas estructuras de reproducción vegetativa (ta-

llos y ramas) son plantados con mucha frecuencia en huertos y otros sistemas agrícolas tanto en la cuenca del río Balsas como en el Valle de Tehuacán. Entre las especies herbáceas, en la Montaña de Guerrero puede observarse el trasplante de las cebollejas (*Allium glandulosum*) y los frailes (*Euphorbia graminea*) desde sus poblaciones silvestres hacia los huertos familiares. Igualmente puede observarse el cultivo de especies arvenses tales como los alaches, los chipiles, la mostaza (*Brassica campestris*) y el quintonil. Todas estas especies se cultivan en terrenos de riego, especialmente en la época de sequía, para después ser comercializados.

#### Procesos de selección artificial

Aún no existen suficientes estudios que permitan demostrar y evaluar los efectos de procesos de selección artificial en las formas de manejo descritas arriba. Sin embargo, existen importantes observaciones que sugieren que estos procesos están ocurriendo. Así, por ejemplo, muchas especies vegetales obtenidas por medio de la recolección, principalmente plantas anuales, son recolectadas sin preferencias especiales. Con otras, sin embargo, especialmente plantas perennes, los recolectores comúnmente distinguen individuos que son diferentes en rasgos relacionados tanto con su calidad como con sus recursos. Por ejemplo, entre las plantas comestibles, la gente distingue sabores, texturas, tamaños, colores, la presencia de sustancias tóxicas, etcétera.

De entre tal variedad de opciones, los recolectores escogen las "mejores" plantas de acuerdo con sus valores culturales, y las utilizan. Por ejemplo, en la Montaña de Guerrero, los mixtecos distinguen formas dulces y amargas de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y recolectan los dulces. Una situación similar se encuentra con los guajes colorados (*Leucaena esculenta*). Los mixtecos distinguen tres variedades: 1) los guajes de vasca, que son tóxicos; 2) los guajes amargos, que tienen



semillas amargas y que se pueden comer sólo después de asarlas, y 3) los guajes dulces, cuyas semillas son comestibles aún crudas. Los campesinos recolectan selectivamente los guajes dulces. Los guajes amargos también son recolectados pero únicamente cuando los dulces escasean.

Entre las arvenses herbáceas también puede observarse cierta selección durante la tolerancia que se practica en los deshierbes. Puede comentarse el caso de los

alaches y los chipiles. En cada una de estas especies los mixtecos distinguen dos variantes: 1) variantes "macho", las cuales presentan hojas angostas y pubescentes, con alto contenido de fibra y no palatables; y 2) variantes "hembra" con hojas anchas, no pubescentes, con menor contenido de fibra y de sabor y textura agradables. Los campesinos prefieren recolectar y consumir las variantes "hembra" de estas plantas. Podría esperarse que, debi-

do a la recolección, la densidad de población de plantas "hembra" disminuyera y con el tiempo predominaran las formas "macho". Sin embargo esto no ocurre, pues durante la recolección los mixtecos cortan únicamente las ramas jóvenes sin destruir la planta. En la práctica esta forma de recolección constituye una forma de poda. Además, durante los deshierbes, los campesinos procuran eliminar a las formas "macho".

Un proceso similar de tolerancia selectiva se puede observar en otras especies de plantas comestibles silvestres. Ocurre, por ejemplo, con los "guamúchiles": las variantes amargas generalmente son eliminadas cuando se abre un campo de cultivo o cuando se corta leña. Lo mismo ocurre con variantes amargas, cimarronas o agrias de guayabas y nanches. En el caso de los guajes colorados, los campesinos mixtecos toleran preferentemente las variantes dulces y en ocasiones también algunos individuos de la variante amarga. Pero generalmente eliminan individuos amargos y sobre todo los tóxicos de vasca. En un estudio efectuado en la Montaña de Guerrero comparamos la frecuencia de fenotipos favorables en poblaciones silvestres y cultivadas, así como en una población donde la tolerancia selectiva ha actuado durante probablemente varios siglos. Encontramos una frecuencia significativamente mayor de individuos favorables en la población tolerada en comparación con la silvestre. Esto sugiere que

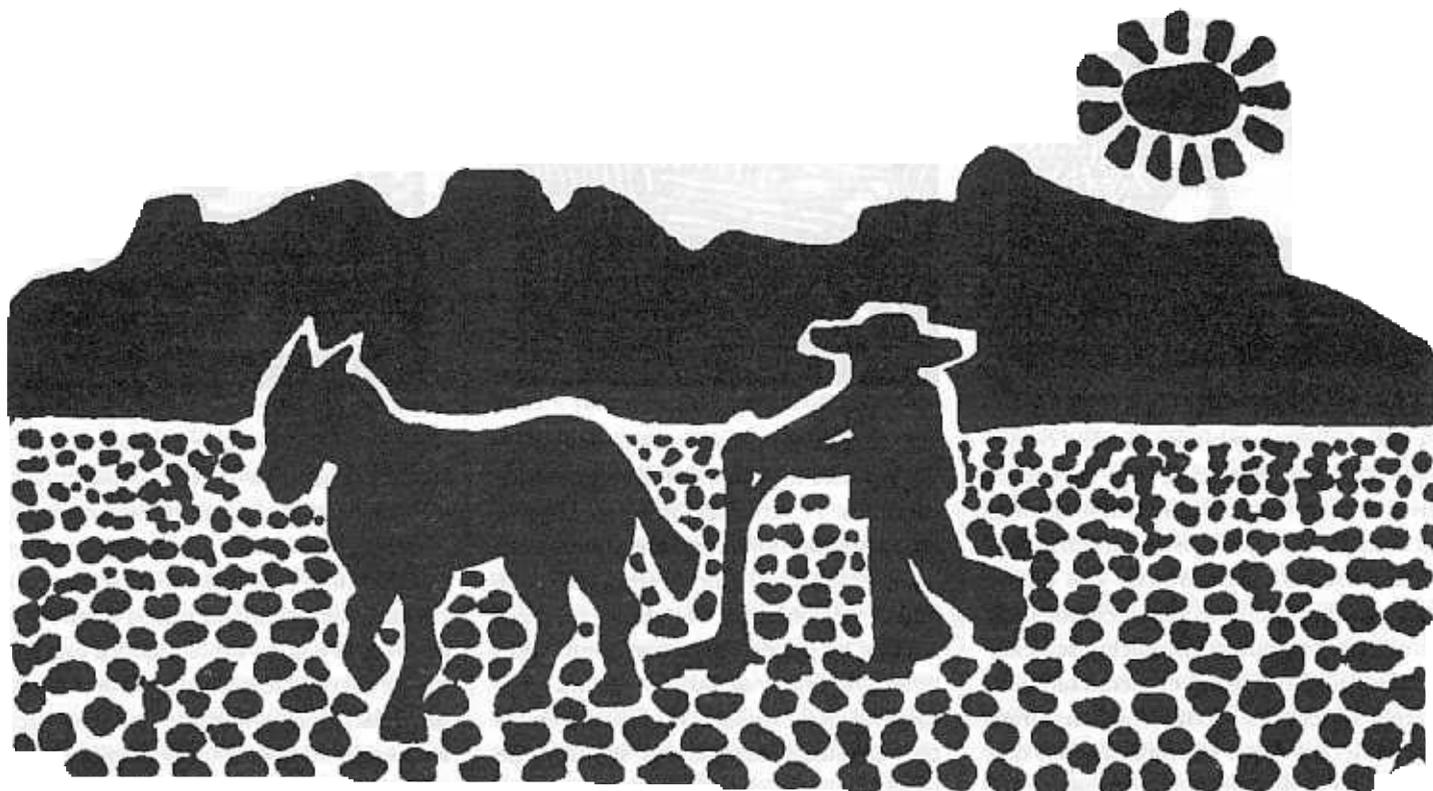
la acción selectiva durante la tolerancia puede afectar las frecuencias fenotípicas de las poblaciones, y probablemente también las genotípicas.

En resumen, durante algunas formas de manejo de los paisajes silvestres o arvenses *in situ*, el hombre es capaz de elevar la densidad de población de algunas especies de plantas útiles. Este proceso por sí mismo no necesariamente cambia la estructura genética de las poblaciones. Sin embargo, en algunos casos parece que la selección artificial pudiera estar actuando de manera similar a como ocurre durante el cultivo *ex situ*. Esto sugiere que la domesticación de plantas *in situ* es un proceso posible.

El favorecimiento de especies y variantes de estas especies que convienen al hombre es fácil de visualizar en plantas con propagación vegetativa como los magueyes y algunas cactáceas. En estos casos, los hombres simplemente toman estructuras reproductivas de las formas que les interesan y las propagan. Sin em-

bargo, en especies que presentan únicamente reproducción sexual, el asunto no resulta tan trivial. En este caso, elegir frutos o semillas de una forma deseada puede no resultar suficiente para asegurar su replicación. Ello depende del tipo de sistema de cruzamiento involucrado. Así, en una especie en la que predomina la autofecundación, la replicación del fenotipo deseado a partir de las semillas cosechadas puede ser directo. Mientras que en plantas en las que predomina el cruzamiento o en las que el cruzamiento es forzoso, la siembra de semillas cosechadas no garantiza la replicación del fenotipo deseado, de acuerdo con el principio mendeliano de segregación.

La duración del ciclo de vida puede complicar aún más el proceso selectivo. Así, reconocer y aceptar o eliminar una forma variante de una especie es relativamente rápido en especies anuales, mientras que el proceso puede ser muy lento en especies perennes de ciclo de vida largo. Al respecto, resulta interesante la opi-



nion de Smith acerca de la domesticación del aguacate, uno de los primeros cultivos de Mesoamérica.

Smith considera que debido a que toma cerca de siete años que una plántula de aguacate pueda producir, y que el árbol puede continuar produciendo después por setenta años o más, el periodo de selección previo a su efectiva domesticación por cotiledones grandes tuvo que haber sido extensivo.

Un modelo de domesticación *in situ* resulta atractivo para analizar el caso de los guajes colorados (*Leucaena esculenta* subsp. *esculenta*) mencionado arriba. Los guajes son plantas perennes con fecundación cruzada y, en ellas, un patrón de selección artificial que ocurra generación tras generación podría resultar un proceso muy largo. En este caso, resultaría más factible incrementar el número de fenotipos deseados dejándolos en pie en sus poblaciones naturales que cultivándolos en otro sitio.

### Modelos hipotéticos sobre el origen de la agricultura

Existen dos modelos hipotéticos principales que se han propuesto para explicar cómo surgió y cómo se desarrolló la agricultura. Uno de ellos es el modelo de semicultura, que busca explicar el origen del cultivo de las plantas propagadas por medio de semillas. Este modelo se ha basado principalmente en estudios de caso de plantas herbáceas anuales como los principales cereales (trigo, avena, arroz, maíz, etc.) y legumbres (frijoles, lentejas, garbanzos, etc.). De manera general, el esquema de este modelo hipotético sugiere que las formas silvestres de las plantas domesticadas primeramente invadieron áreas perturbadas por el hombre, donde evolucionaron como plantas arvenses, y eventualmente fueron cultivadas.

En este modelo, la domesticación es considerada como una consecuencia del cultivo (y aunque no se especifica, generalmente se habla de un cultivo que en

Tabla 1. Porcentaje de alimentos animales y vegetales en distintos sitios de Mesoamérica hace 8500 años (Con base en MacNeish, 1967 y Flannery, 1986)

Sitio	Caza (%)	Recolección (%)	Cultivo (%)
Santa Martha, Chiapas	30	70	
Tehuacán, Puebla	54	41	5
Sierra de Tamaulipas	50	49	1
Gullá Naquitz, Oaxaca	10	90	0

Tabla 2. Variación temporal de los elementos de la dieta humana en Tehuacán, Puebla (con base en MacNeish, 1967)

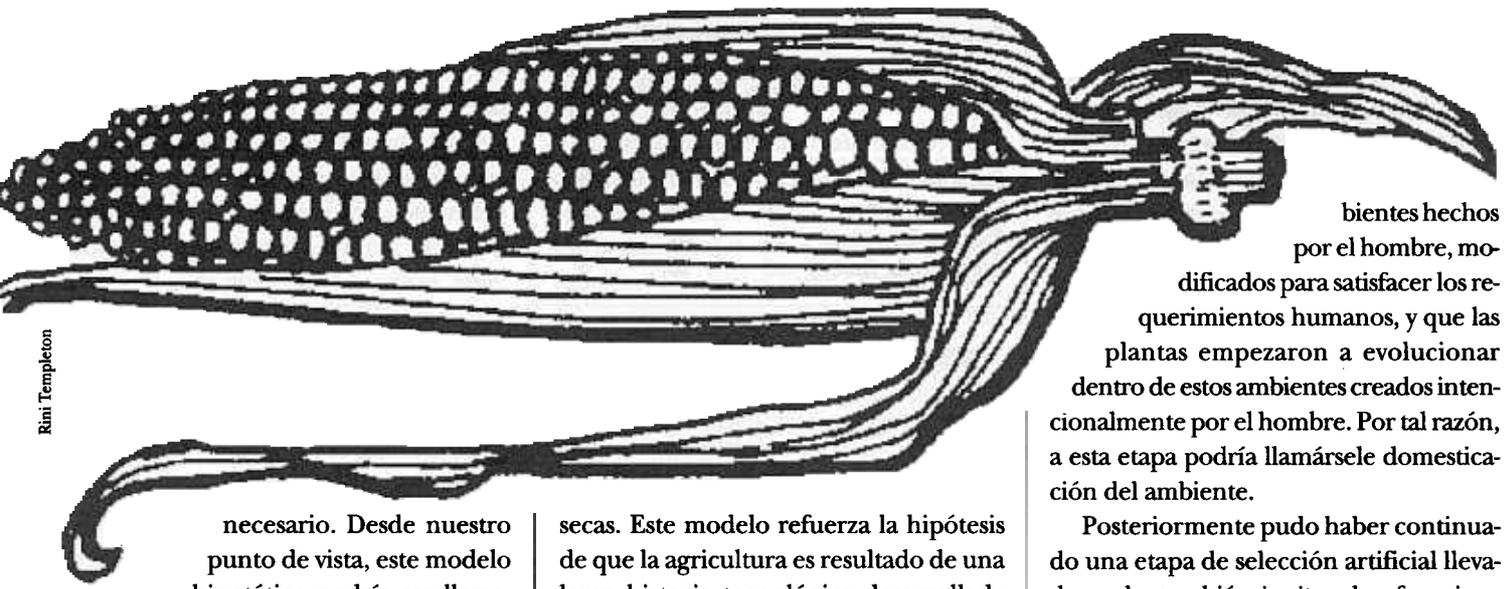
Fase	Antigüedad (años antes del presente)	Caza (%)	Recolección (%)	Cultivo (%)
El Riego	8500	54	41	5
Coxcatlán	6200	54	41	5
Abejas	4900	30	49	21
Ajalpan	3200	27	18	55
Santa María	2550	25	17	58
Palo Blanco	2250	18	17	65
Venta Salada	880	17	8	75

este artículo caracterizamos como *ex situ*). Autores como Harlan consideran que la domesticación es un proceso de evolución natural que resulta de presiones selectivas asociadas con la cosecha y siembra. Se parte de considerar que las plantas mutantes que son favorables al hombre generalmente presentan una adecuación muy baja y no son capaces de sobrevivir en condiciones naturales. Por lo tanto, la única manera de asegurar la sobrevivencia de estas plantas es estableciéndolas, creciéndolas y reproduciéndolas en ambientes artificiales controlados por el hombre.

El segundo modelo hipotético es el de la vegeticultura, el cual se enfoca a entender el origen del cultivo y domesticación de plantas propagadas vegetativamente. Este modelo está basado en el estudio de plantas tales como los camotes o ñames (*Dioscorea* spp.), la yuca (*Manihot esculenta*), la papa (*Solanum tuberosum*), la vid (*Vitis vinifera*), etc. Harlan considera que la facilidad con la que se propagan y domestican estas plantas podría ser un argumento para apoyar la idea de que la vegeticultura tropical es más vieja que la agricul-

tura por semillas. Este autor sugiere que el cultivo de estas plantas con propagación vegetativa se originó a partir de la recolección de las estructuras vegetativas, las cuales eran fácilmente plantadas, cosechadas y plantadas de nuevo, practicando selección artificial cada ciclo. Bajo este modelo, por lo tanto, el cultivo *ex situ* es también una condición para domesticar a las plantas.

Aunque estos dos modelos han sido desarrollados ampliamente desde hace varias décadas, no explican satisfactoriamente el origen de la domesticación de muchas plantas, como por ejemplo, el de las plantas perennes con sistema de reproducción cruzada. Para estas plantas, como se ha señalado, un modelo de domesticación *in situ* resulta más atractivo para explicar el origen de su domesticación. Este modelo parte de considerar el manejo de la vegetación silvestre y el desarrollo de prácticas de selección artificial en los mismos sitios donde se encuentran naturalmente las plantas útiles. Por esta razón, un tercer modelo que considere el manejo y selección *in situ* resulta



Rini Templeton

bientes hechos por el hombre, modificados para satisfacer los requerimientos humanos, y que las plantas empezaron a evolucionar dentro de estos ambientes creados intencionalmente por el hombre. Por tal razón, a esta etapa podría llamarse domesticación del ambiente.

necesario. Desde nuestro punto de vista, este modelo hipotético podría ser llamado modelo de silvicultura, haciendo alusión al manejo de lo silvestre.

El proceso de domesticación *in situ* podría ser incluso más antiguo que el supuesto en la hipótesis de la vegetocultura. El supuesto principal de un modelo hipotético de silvicultura es que la agricultura es el resultado de una larga historia de manejar *in situ* la vegetación natural. Además, es más factible incrementar el número de fenotipos deseados mediante la tolerancia selectiva, el fomento o inducción y la protección *in situ* de tales fenotipos que cultivándolos *ex situ*. Con esta acción selectiva y la eliminación de los fenotipos no deseados, la frecuencia de cruzamiento entre fenotipos deseables podría también elevarse, y con ello aumentar la disponibilidad de productos deseables en las poblaciones y comunidades vegetales, así como un incremento ventajoso de la frecuencia de fenotipos favorables en la progenie. Después de un proceso como el sugerido aquí, los ciclos de cultivo y selección de estas plantas tendrían más éxito.

Este modelo hipotético de selección artificial *in situ* sugiere que la domesticación pudo ser un proceso factible en formas de cultivo como las descritas por Smith en el Valle de Tehuacán y que aquí hemos denominado silvicultura de zonas

secas. Este modelo refuerza la hipótesis de que la agricultura es resultado de una larga historia tecnológica desarrollada por el hombre para manejar tanto ambientes como genotipos de plantas. Esta historia sin duda inició con la recolección de plantas, la cual al parecer se hizo cada vez más sistemática, conforme se incrementaban los conocimientos humanos sobre las plantas y los ambientes y se desarrollaban las herramientas y las técnicas de colecta.

La recolección pudo ser seguida por formas de manipulación de los bosques y selvas *in situ*. Las primeras etapas de un proceso como este podría haber sido una modificación indirecta de la estructura genotípica de las poblaciones, determinada por formas de perturbación de la vegetación natural. Este tipo de perturbaciones pueden cambiar las interrelaciones naturales entre las plantas y sus competidores, depredadores y posiblemente polinizadores y dispersores, así como otros factores ecológicos. Esto, como resultado de la simplificación de la estructura de las comunidades vegetales y el aumento de la densidad de población de algunas especies. En otras palabras, las perturbaciones intencionales y otras formas de manejo de la vegetación natural pudieron haber determinado cambios en las presiones de selección naturales. Es importante hacer notar que los nuevos ambientes creados después de tales perturbaciones son am-

Posteriormente pudo haber continuado una etapa de selección artificial llevada a cabo también *in situ* sobre fenotipos particulares de algunas especies. Y finalmente, esta etapa pudo haber sido continuada por formas de cultivo y selección artificial *ex situ*. Con la emergencia y desarrollo del manejo agrícola *ex situ*, la domesticación incrementó enormemente sus potencialidades debido a que las secuencias de cultivo y selección, generación tras generación, permitieron al hombre intensificar la manipulación de las generaciones de plantas. Esto es, en la fase de manejo agrícola *ex situ*, las manipulaciones humanas de los genotipos son más evidentes.

#### Domesticación y recursos genéticos

México es un país excepcionalmente rico en especies vegetales y animales, y es también un país excepcionalmente rico en culturas. Estas culturas han logrado generar una vasta experiencia tecnológica a lo largo de miles de años con la cual han podido utilizar y manejar entre 5 000 y 7 000 especies vegetales y animales. Este amplio espectro de especies útiles probadas y muchas más que aún podrían incorporarse en la lista, constituyen un inmenso reservorio de recursos para el desarrollo nacional. En cada una de estas especies útiles existe un conjunto particular de características que las con-