



Universidad Autónoma Chapingo

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



**PLANTAS Y ANIMALES: IMPACTO DEL  
HOMBRE EN SU EVOLUCIÓN**

Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez



**Serie: Etnoecología**

**N° 4**

**Chapingo, México**

**2004**

# PLANTAS Y ANIMALES: IMPACTO DEL HOMBRE EN SU EVOLUCIÓN

Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez<sup>1</sup>

## *Sinopsis*

Con base en la revisión de algunos de los principales trabajos relacionados con el entendimiento de los orígenes de la agricultura en general y en particular sobre la domesticación de plantas y animales, así como en algunas experiencias transmitidas al autor por parte de diversos investigadores involucrados en este campo científico, en el presente trabajo se analiza la trascendencia de dichos procesos en el desarrollo de la humanidad. Se discuten algunos de los postulados e hipótesis que hasta la fecha se han propuesto para explicar el dónde, cuándo, cómo y por qué algunos grupos humanos consideraron de interés a sus culturas el cultivo y en algunos casos la domesticación de organismos vegetales y/o animales (terrestres y acuáticos). Considerando a la Etnoecología como el campo científico pertinente al estudio de los aspectos mencionados, se enfatiza el papel de algunos atributos humanos en los que se sustenta su creatividad, así como las amplitudes y limitantes del medio ecológico en la magnitud del subconjunto de organismos de interés antropocéntrico. Finalmente se establecen algunas reflexiones pertinentes a algunas de las consecuencias que tanto para dichos organismos como para nuestra especie han sido derivadas a partir de la invención de la agricultura hasta el momento actual, en el que el desarrollo contradictorio de nuestra sociedad evidencia un grave desequilibrio ecológico y ético poniendo en duda el sentido del llamado progreso.

**Palabras clave:** Etnoecología, cultura, recurso vegetal, recurso animal, desarrollo.

## Introducción

Desde el inicio de su existencia, el hombre, incapaz de elaborar por si mismo los alimentos que posibilitan su vida, ha recurrido a diferentes organismos, tanto animales como vegetales para la satisfacción de sus más elementales necesidades.

Durante mucho tiempo, *Homo*, no fue más que otro componente biótico de los ecosistemas, su participación, limitada a la extracción de los materiales que esporádicamente le ofrecía la naturaleza, distaba mucho de la creatividad que, con el tiempo, habría de caracterizar al *Homo sapiens*. Largo periodo hubo de transcurrir para que al fin surgiera la agricultura como el avance cultural más importante en el esfuerzo del hombre para lograr los satisfactores básicos a partir de los recursos naturales renovables, incluidas las plantas y animales". (Hernández X., E. 1978).

En el caso de las plantas y también de los animales, su consideración como recursos, seguramente obedeció en primera instancia a la necesidad del hombre de obtener sus alimentos, acción que, concomitantemente, condujo al conocimiento de otras propiedades (medicinales, alucinógenas, venenosas,..) en aquellas especies que su hambre le hizo consumir. Una vez satisfechas sus necesidades elementales, el desarrollo de los grupos humanos a partir de su

---

<sup>1</sup> Curador del Banco Nacional de Germoplasma Vegetal. U.A.Ch., Chapingo, 56230. México Email: jaxayacatl@gmail.com

acervo cultural y condiciones del medio ecológico en que habitan, han ido ampliando y en ocasiones restringiendo la magnitud del subconjunto de organismos de interés antropocéntrico. (Figura 1).

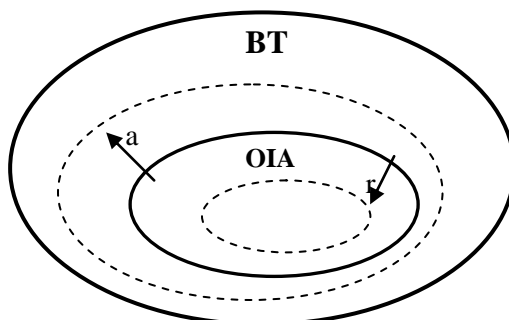


Figura 1. Si consideramos a la biodiversidad total (BT) existente en el área de acción cotidiana de un grupo humano, como el conjunto universal de referencia, los organismos de interés antropocéntrico (incluidas las plantas y los animales) a dicho grupo, constituirán sólo un subconjunto -el más importante para su existencia- (OIA), cuya magnitud habrá de ampliarse (a), o restringirse (r), concomitantemente a las limitantes y amplitudes de su medio ecológico y social.

## Antecedentes

Una de las innovaciones culturales humanas que ha tenido mayores consecuencias fue la invención de la agricultura<sup>2</sup>. La creatividad humana, en apariencia simple, de cultivar y utilizar diferentes estructuras vegetales y animales permitió el crecimiento de la población y abrió camino a civilizaciones más complejas y elevadas. Por qué y cómo ocurrió después de más de un millón de años de actividad cazadora, son preguntas que arqueólogos y científicos han tratado de contestar durante mucho tiempo.

Aunque el interés por el origen de la producción de alimentos es tan antiguo como el despertado por la prehistoria misma, no fue sino hasta las últimas décadas que pudieron emprenderse intensas investigaciones sobre los orígenes de la agricultura. Desde mediados del siglo pasado diversos investigadores interesados en la Revolución Neolítica –como le llamara Gordon Childe- han centrado su atención en algunas regiones del planeta en las que con base en el análisis de los hallazgos arqueológicos se postula el inicio de esta transcendental actividad humana.

No obstante el interés evidenciado en su esclarecimiento, la propia complejidad de este trabajo impone limitaciones en la reconstrucción de lo que entonces sucedió. Por un lado sólo se ha excavado un pequeño número de emplazamientos y por otra parte, son pocos los que han proporcionado el tipo de información necesaria para una completa comprensión de la vida y las actividades culturales de los agricultores del pasado remoto.

En acuerdo con Dyson, 1990. “Aunque la investigación se haya centrado sobre todo en los primeros pasos de la producción de alimentos, también es importante el estudio de la expansión de la agricultura, con todo lo que ello implica. La gradual extensión de los colonos agrícolas provocó grandes cambios. La caza fue ahuyentada o destruida, bosques y prados fueron talados y quemados, para ser después arados o convertidos en pastizales.

---

<sup>2</sup> Considérese que, con base en el concepto de agricultura postulado por Hernández, X. (1985), esta actividad humana involucra tanto a las plantas como a los animales

La llegada de los agricultores supuso el desplazamiento o la extinción gradual de las bandas de cazadores y recolectores. ¡Con que desaliento debieron de contemplar aquellos sencillos cazadores la transformación de sus amados valles y colinas, y con cuanto disgusto debieron de mirar a los hombres que querían privarles de su libertad de movimientos a cambio de la seguridad que proporcionaba una granja!.

Los agricultores, por otra parte, acuciados por nuevas exigencias y oportunidades, debieron de recibir con agrado la aparición de comodidades antes insospechadas, con una abundancia potencialmente útil para toda la comunidad: excedente de comida, no sólo para asegurar las necesidades del grupo local, sino para intercambiarlo por otros alimentos, objetos suntuarios y materias primas; innovaciones en la tecnología y la arquitectura; sistemas de riego, e incremento del transporte.

Por lo tanto, las actividades agrícolas no sólo originaron cambios en el campo, sino que también alentaron el desarrollo de un ambiente biológico y psicológico que anteriormente sólo había sido experimentado en aquellas raras áreas donde una riqueza accidental de recursos alimenticios en estado salvaje había permitido el establecimiento permanente de grandes grupos en determinados lugares”.

Sin dejar de reconocer los múltiples beneficios derivados de la agricultura, es importante considerar que, desde su consolidación como la principal estrategia para la sobrevivencia de la especie humana. Según indica Dyson, 1990: “a causa de la aparición de la agricultura en el mundo, el hombre tuvo que enfrentarse con problemas cada vez mayores de sanidad, polución y enfermedades contagiosas, y, psicológicamente, abandonó el mundo natural y lo sustituyó por otro de ocultas presiones sociales, más artificial y amenazador. Dentro de la complejidad cada vez mayor de este nuevo universo social, con todos sus recelos y pasiones, tuvo que replantearse sus relaciones tanto con sus congéneres como con las ocultas fuerzas que le rodeaban. Andando el tiempo, esta necesidad quizás le condujo a sus mayores logros: un sentido consciente de orden moral y el concepto de ley”.

### **La fase inicial de la agricultura: plantas y hombres**

Respecto a la forma en que pudieron expresarse las primeras consecuencias derivadas de la agricultura en las relaciones establecidas entre los grupos humanos que vivieron esta etapa de la historia, un planteamiento imaginario pero no por ello carente de lógica es el escrito por Norton, 1990: “Algunas chozas de paredes de barro y techos de paja se levantaban en el meandro de un río poco profundo, un solitario núcleo de vida en una llanura tachonada de encinos que se extendía suavemente por la falda de unas montañas nevadas. En todo el territorio que la vista podía abarcar, no había otro establecimiento humano. Río abajo, un rebaño de cabras, apacentado por un joven, pastaba en la hierba ya marchita por el Sol. Cerca del poblado, algunas mujeres, provistas de cestos y de hoces de madera con hojas afiladas de sílice, se movían entre manchas irregulares de una alta hierba amarilla cuyos tallos terminaban en una doble hilera de semillas doradas. La hierba —un trigo primitivo— apenas se distinguía de la que crecía en estado silvestre en las lejanas laderas de las montañas. Pero era distinta: había sido plantada deliberadamente, no sembrada al azar por el viento. De repente, un grito del muchacho rompió la calma del poblado. Los hombres echaron mano de las lanzas, provistas de puntas de piedra; las mujeres que trabajaban entre la hierba cogieron sus cestos a medio llenar y echaron a correr hacia el poblado. En la llanura podía verse lo que había perturbado a los aldeanos: se aproximaba una fila de hombres, mujeres y niños, unos 20 individuos en total. Eran desconocidos, y su tosca apariencia denotaba que eran cazadores. Uno de los hombres había colgado sobre sus hombros el cuerpo de una oveja salvaje recién matada. Cuando los recién llegados se aproximaron a la orilla del río, en frente del poblado, levantaron sus manos para demostrar su intención pacífica. No habían esperado encontrarse con gente viviendo en chozas de

barro allí donde, solo un año antes, no había ninguna vivienda, únicamente un lugar para acampar nómadas como ellos. Mientras nómadas y aldeanos se miraban de una orilla a otra del río, uno de los desconocidos señaló hacia el cuerpo de la oveja y después hacia los cestos de semillas. Los aldeanos comprendieron lo que quería decir, y una mujer llevó un cesto de trigo y lo depositó junto a la orilla del río. El cazador que llevaba la oveja levantó dos dedos, y la mujer colocó un segundo cesto junto al primero. Los forasteros consultaron entre sí, y el cazador dejó la oveja en tierra. Un hombre del poblado vadeó el río con los dos cestos de grano y tocó ligeramente el animal. A su vez, el cazador tocó los cestos. El trato estaba cerrado. El aldeano transportó la oveja hacia su gente, y los nómadas cargaron los cestos sobre sus hombros y desaparecieron entre los encinos. Por supuesto, este encuentro es imaginario, pero, indudablemente, pudo haber sucedido. Debieron de ocurrir muchos episodios como este en el antiguo Próximo Oriente cuando bandas nómadas de cazadores-recolectores intercambiaban su caza por los cereales de los aldeanos y, de este modo, contribuyeron a realizar cambios que pronto iban a transformar la faz de la Tierra”.

Respecto a los orígenes de la agricultura, Hernández, 1998, indica: “Durante su desarrollo temprano, los humanos establecieron una relación simbiótica y coevolutiva con la vegetación de su entorno, en la que los primeros son agentes de dispersión y la segunda la proveedora de productos básicos para la subsistencia humana (Rindos, 1984). La interacción ha sido sobre todo, entre las gimnospermas y las angiospermas, pero el mayor uso dado a las semillas de las plantas con flores a lo largo del proceso coevolutivo para satisfacer necesidades nutricionales y otras, ha hecho de los humanos "organismos angiospérmicos" (Ames, 1939). Es posible que los cambios en la composición florística de los alrededores de los hábitats humanos hayan sido resultado de sus preferencias por algunas especies. Al desarrollarse los rasgos físicos y funcionales característicos de las culturas humanas, ocurrió un cambio en el proceso coevolutivo que llevó al hombre al dominio de los hábitats que ocupaba (Childe, 1965).

Parece razonable pensar que quizás los primeros homínidos, incluyendo a los australopitecos, percibían los fenómenos biológicos e identificaban a los organismos, en especial a aquellos que les fueron útiles para su sobrevivencia; si bien sus necesidades pudieron haber incluido las de plantas ceremoniales y medicinales, es posible que hayan puesto énfasis en las plantas que satisfacían sus requerimientos nutricionales y, más adelante, en las especies que proporcionaban leña y fibras. Con certeza, los más recientes descendientes del linaje de *Homo* (*H. sapiens*) comenzaron a alterar los hábitats terrestres desde hace unos 100 000 años. Durante los últimos 50 000 años, dispersándose a partir de un centro africano, los humanos se asentaron en todas las partes habitables posibles, incluyendo las regiones polares y el continente americano (Deevey, 1960); en este dilatado periodo, el hombre provocó cambios genéticos en organismos domesticados al modificar su entorno ecológico y al incrementar la disponibilidad de los recursos primarios que les fueron útiles; la selección artificial complementó la natural (Hawkes, 1983; Schwanitz, 1967). Una vez iniciado este proceso, el hombre expandió la magnitud y profundidad de la domesticación mediante la selección artificial, dictada por el uso, modo de uso y grado de aceptación del producto; por ejemplo, la selección y la manipulación de los organismos deseados determinaron el curso de la agricultura en distintos grupos humanos. Actualmente, la investigación acerca de la domesticación abarca tanto el origen como la pérdida y mantenimiento de la diversidad de las plantas cultivadas.

Durante el desarrollo cultural y agrícola de la humanidad se aprecia un cierto dominio del manejo de los elementos agronómicos, relacionados con la producción de los organismos preferidos. Por otro lado, el largo periodo de coexistencia del hombre y estos organismos ha resultado en un conocimiento biológico y ecológico de estos últimos, tan amplio como profundo. Este conocimiento se aplicó en la fase inicial, cuando no se conocían los principios de la herencia; más adelante, el conocimiento científico de los mecanismos hereditarios condujo al mejoramiento genético y, por último, el más amplio y profundo conocimiento de la Genética ha permitido al hombre manipular los genes de los organismos domesticados, tal como se ve en la

actualidad, culminando en la aplicación de la biotecnología y la biología molecular. Estas etapas han enriquecido la diversidad de los organismos domesticados, y establecido las bases para la conservación de estos recursos. Aquí se revisan los antecedentes históricos de estos procesos en México -cuya diversidad es de importancia mundial (véase el Apéndice)-, desde el periodo arqueológico y a lo largo de los periodos prehispánico, colonial y actual.

## ¿DÓNDE OCURRIÓ LA DOMESTICACIÓN DE PLANTAS Y ANIMALES?

### ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS EN MESOAMÉRICA

La evidencia del origen y las formas de desarrollo de la agricultura compete a los estudios arqueológicos. Estas investigaciones han sido notables en el noroeste, noreste y centro de México, pero las más importantes se hicieron en Tehuacán, Puebla (McNeish, 1961) y Mitla, Oaxaca (Flannery, 1986). El objetivo de MacNeish fue localizar, excavar y analizar los restos encontrados en sitios mesoamericanos en donde se había registrado una agricultura incipiente y su ulterior desarrollo; la abundancia y diversidad de datos, lo encaminaron hacia las numerosas cuevas de las rocas calizas de la región norte que queda al pie de la Sierra Mazateca, donde en las laderas de sotavento de las montañas, prevalece un clima semiárido. Las excavaciones de varias de estas cuevas llevaron a establecer una cronología que va desde cerca del año 7 000 a C al 1500 d C. Los restos obtenidos incluyeron una abundante colección de huesos de animales y un gran número de plantas de numerosas especies, tanto alimenticias como para jarriería. La excelente preservación de los restos arqueológicos permitió hacer estudios morfológicos y anatómicos para su identificación adecuada y la magnitud de las excavaciones se prestó al análisis cuantitativo. En estos estudios participaron muchos investigadores, entre ellos: Mangelsdorf *et al.* (1967), quienes estudiaron el maíz; Kaplan (1967), los frijoles; Cutler y Whitaker (1967), las calabazas; Smith (1967), la flora y las plantas silvestres útiles, y Callen (1967), los coprolitos. La revisión de la lista presentada por Smith (1967) revela la riqueza florística del lugar. Los resultados obtenidos sugieren que la agricultura se originó en diferentes micronichos de la región. Se encontraron restos de varias especies como *Cucurbita*, *Amaranthus*, *Chenopodium* y *Phaseolus*; que posteriormente fueron objeto de cultivo; *Zea mays* aparece más tarde en la secuencia arqueológica, que se continua hasta la época colonial. Es notable la gran proliferación de razas de maíz (unas 15), y la persistencia de muchas de éstas hasta 1500 d. C. La ausencia entre estos restos de teocintle silvestre ha contribuido a la polémica -que aún persiste- acerca del origen del maíz (Beadle, 1972; Iltis, 1987).

Mientras se estudiaban los anteriores materiales se presentaron muchos problemas de identificación, uno de estos casos fue el hallazgo de cientos de restos vegetales discoides: la manera de pelar las tunas (*Opuntia sp.*), que todavía se practica en las zonas áridas del país dio la clave para identificar estos restos como los extremos cortados de estos frutos. Otro problema fue el de las semillas de *Setaria*, que al principio no se pudieron identificar, hasta que el trabajo de campo reveló la abundancia de *S. macrostachya* (zacate temprano).

Los materiales estudiados y analizados han planteado varias interrogantes: (1) ¿Cuál es el antepasado del maíz? (2) ¿Dónde se originó este cereal?, y la más importante (3) ¿Cómo se originó la agricultura? A continuación –indica Hernández X., 1998- revisaremos la evidencia procedente de estos sitios.

## Cuestas poblanas

En las cuestas de la Sierra Mazateca, que se elevan desde el piso del valle, existen numerosos nichos húmedos que quedan más arriba que las cuevas que estudió McNeish y que se ubican a lo largo de los cauces de los arroyos y en el fondo del valle.

Existen muchas evidencias de que el ambiente se modificó, lo que favoreció el mejoramiento de las especies deseadas; por ejemplo, a lo largo de las cañadas y en los sitios más húmedos se desarrollaron mejor los árboles frutales de *Persea* (aguacate), de *Spondias* (ciruela criolla) y de *Cyrtocarpa* (chupandilla), asimismo, se han registrado especies anuales que prefieren la humedad (*Phaseolus* y *Cucurbita*). En las zonas semiáridas se ha detectado la presencia de *Dioon* (chamal) y *Setaria macrostachya*. En los cauces de los arroyos -donde las lluvias torrenciales anuales arrasan la vegetación- se han encontrado especies anuales de *Chenopodium* y *Amaranthus* que prosperan en condiciones húmedas (favorables a la producción de semillas). La vegetación de las zonas semiáridas del fondo del valle y aquella de encinos y pinos en las cimas de las pendientes, proveían otras plantas útiles.

## Oaxaca

Las cuevas de *Guila Naquitz* están en los límites de los valles semiáridos del centro oaxaqueño, en donde abundan especies comestibles de Agavaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae; más arriba, en las cuestas septentrionales, hay bosques de encino y pino, que aportan sus respectivos productos.

Los hallazgos de *Guila Naquitz* -fechados en el periodo 8 900-6 700 a C- indican que la población humana se concentraba en las zonas bajas del valle con suelos de aluvión -áreas del mezquite (*Prosopis juliflora*) y del huizache (*Acacia*)-, donde aún ahora abundan los frutos comestibles del primero; para obtener piñones (*Pinus*) y bellotas (*Quercus*), probablemente esta gente hacia excursiones a las partes más altas; en cambio, los frutos de las cactáceas, así como los tallos (cladodios) de las mismas, y las hojas y tallos del maguey, los recolectaban en las partes más secas. Durante este periodo la dieta era fundamentalmente de carbohidratos y escasa en proteínas. El consumo de *Phaseolus coccineus* y de un frijol negro, sugiere que éstos eran cultivados, pero no domesticados, otros precursores agrícolas fueron *Cucurbita pepo* y *Lagenaria siceraria*; el cultivo del maíz fue introducido más tarde. Estos restos arqueológicos procedentes de Oaxaca junto con los de Puebla, dan pie a las siguientes consideraciones: (1) no se necesita tiempo de ocio para iniciar la actividad agrícola; (2) el cultivo precedió al cambio genético, al que se considera un indicador de domesticación, y (3) las fluctuaciones climáticas impredecibles aceleraron la concentración de grupos humanos en los sitios más favorables, así como el inicio de la agricultura.

El desarrollo de varias disciplinas ha ampliado nuestro conocimiento, capacitándonos mejor para interpretar los restos arqueológicos; asimismo, ha permitido a los científicos estudiar los restos biológicos extraídos de una excavación arqueológica. Anteriormente, por la falta de técnicas, se hicieron pocos intentos serios de recuperar este tipo de restos. Por el contrario, ahora se pueden recuperar mediante métodos como la técnica de flotación, que permite muestrear una variedad más amplia de materiales biológicos. Los estudios de las plantas contemporáneas junto con el de las arqueológicas, enriquecen tanto la información disponible como la interpretación subsecuente de estas últimas, por ejemplo, las características de la mazorca y la cúpula del maíz son fundamentales para la clasificación de sus formas contemporáneas mexicanas (Wellhausen *et al.*, 1951), así como para interpretar la evolución del







Megacentres of cultivated plants of Zhukovsky (1968)

Figura 3. Los doce Megacentros de origen de las plantas cultivadas según Zhukovsky, 1968.

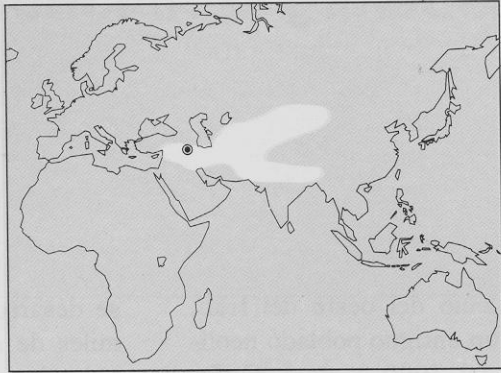
### ¿Dónde y cuándo fueron domesticados los animales?

De acuerdo con Norton, 1990: “Entre el 8500 a. de J. C., cuando los agricultores del Próximo Oriente aprendieron a guardar ovejas, y el 1000 a. de J. C., la fecha más antigua que puede darse para la domesticación del reno, por lo menos se conocen 22 especies de animales que han sido domesticadas a partir de sus homólogos salvajes. En aquel tiempo, algunos animales que van desde el yak peludo del Tíbet hasta el gusano de seda de China, desde el prolífico cobayo del Perú hasta el noble camello de Arabia, se convirtieron en compañeros útiles para el hombre.

Los mapas que se anexan indican las áreas generales del mundo en las que se encontraron estos animales y las áreas donde fueron por primera vez domesticados. Para determinar tales lugares y fechas, los arqueólogos tienen que combinar la evidencia sólida con otra más circunstancial. Los huesos de ovejas, cabras, cerdos y bóvidos -que aparecen en Europa y Asia- proporcionan los datos más positivos. Pero cuando no existen huesos o la identificación es incierta, los estudiosos acuden a fuentes secundarias: la representación de lo que parecen gallinas domesticadas en figurillas de arcilla del Pakistán, de 4.000 años de antigüedad, por ejemplo, o la imagen de una abeja sirviendo como emblema de un rey egipcio que reinó hacia el 3000 a. de J. C. Los investigadores continúan profundizando -figurativa o literalmente- en busca de una prueba más tangible para su hipótesis de trabajo. y como resultado se añadirán sin duda muchas más especies domesticadas a las ya conocidas.

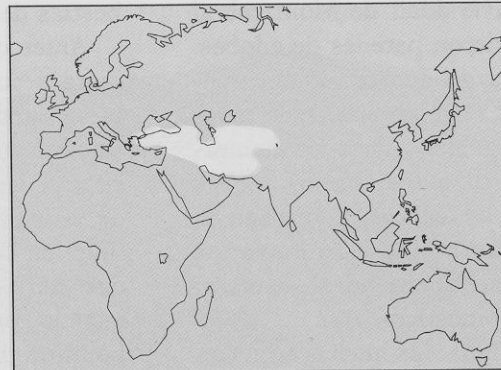


La cabra fue una de las primeras especies domesticadas (7500 a. de J. C.) Ganj-Dareh, Irán



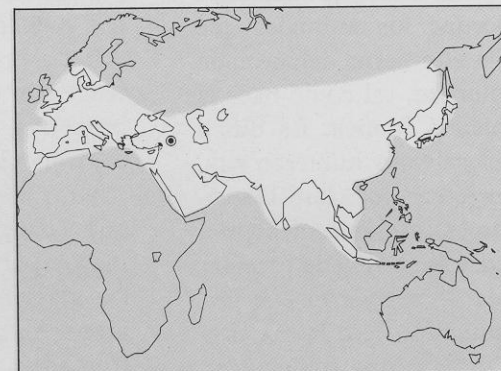
**Oveja salvaje:** oeste de Asia

El mapa de la izquierda muestra la distribución de la oveja salvaje -un área que comprende la mayor parte del sudoeste de Asia-. La más antigua prueba de domesticación fue encontrada en Zawi Chemi Shanidar, en Irak (punto).

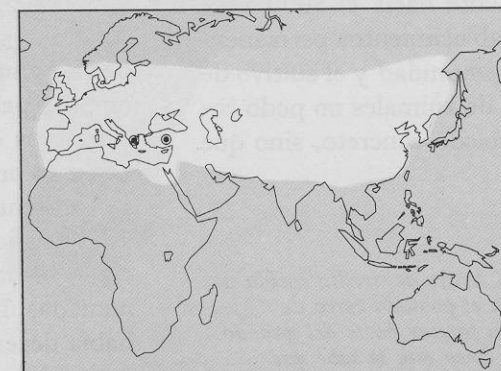


**Cabras salvajes:** Turquía hasta Afganistán

La cabra, el segundo animal en ser domesticado por el hombre, erró en estado salvaje desde Turquía hasta el este de Afganistán. Ganj-Dareh (punto), en Irán, proporcionó la primera prueba de domesticación de la cabra salvaje.



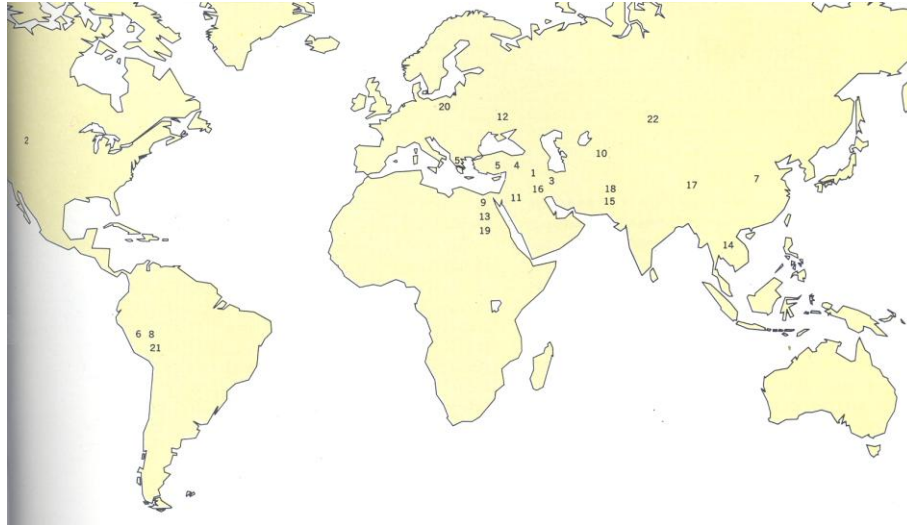
**Cerdos salvajes:** Europa y Asia El antepasado del cerdo domesticado era oriundo de gran parte de Europa y de la mitad meridional de Asia. La prueba más antigua conocida de su domesticación fue encontrada en Cayönü, en Turquía (punto).



**Bueyes salvajes:** Europa, África, Asia

El uro, antepasado del buey domesticado, fue autóctono de gran parte de Europa, norte de África y Asia. Las pruebas más antiguas de su domesticación proceden de Grecia y Turquía (puntos).

Una síntesis de las áreas geográficas en las que distintas especies animales fueron cultivadas y en algunos casos domesticadas se presenta en la Figura 4. Si bien en dichas figuras no se registraron, es bien conocido el hecho de que en la región que actualmente llamamos México, fueron domesticados –entre otros animales- el perro xoloscuintle (supuestamente usado en la alimentación humana) y el guajolote o pavo.

























	1. <b>OVEJA</b> (8500 a. de J. C.) Zawi Chemi Shanidar, Irak		12. <b>CABALLO</b> (3000 a. de J. C.) Ucrania, U.R.S.S.
	2. <b>PERRO</b> (8400 a. de J. C.) Cueva del Jaguar, EE.UU.		13. <b>ABEJA</b> (3000 a. de J. C.) Valle del Nilo, Egipto
	3. <b>CABRA</b> (7500 a. de J. C.) Ganj-Dareh, Irán		14. <b>BANTENG</b> (3000 a. de J. C.) Non Nok Tha, Tailandia
	4. <b>CERDO</b> (7000 a. de J. C.) Cayönü, Turquía		15. <b>CARABAO</b> (2500 a. de J. C.) Valle del Indo, Pakistán
	5. <b>BUEY</b> (6500 a. de J. C.) Tesalia, Grecia; Anatolia, Turquía		16. <b>PATO</b> (2500 a. de J. C.) Próximo Oriente
	6. <b>COBAYO</b> (6000 a. de J. C.) Valle de Ayacucho, Perú		17. <b>YAK</b> (2500 a. de J. C.) Tibet
	7. <b>GUSANO DE SEDA</b> (3500 a. de J. C.) Hsi-yin-t'sun, China		18. <b>GALLO DOMESTICO</b> (2000 a. de J. C.) Valle del Indo, Pakistán
	8. <b>LLAMA</b> (3500 a. de J. C.) Andes, Perú		19. <b>GATO</b> (1600 a. de J. C.) Valle del Nilo, Egipto
	9. <b>ASNO</b> (3000 a. de J. C.) Valle del Nilo, Egipto		20. <b>OCA</b> (1500 a. de J. C.) Alemania
	10. <b>CAMELLO</b> (3000 a. de J. C.) Sur de la U.R.S.S.		21. <b>ALPACA</b> (1500 a. de J. C.) Andes, Perú
	11. <b>DROMEDARIO</b> (3000 a. de J. C.) Arabia Saudita		22. <b>RENO</b> (1000 a. de J. C.) Valle del Pazyryk, U.R.S.S.

Figura 4. Zonas en las que fueron domesticadas algunas especies animales

Se desconoce el momento preciso en que los habitantes de un poblado comenzaron a guardar en cautividad animales que proporcionaban comida. Pero lo dieran cuando lo dieran, fue un paso crucial, puesto que señaló el comienzo de la domesticación. Dos aspectos propios del comportamiento de las ovejas y las cabras trabajaron en favor de los aldeanos. Uno es que se reúnen en rebaños guiados por un jefe. Otro es que un cordero o un cabrito recién nacidos muestran gran apego hacia su madre, pero si en el momento del nacimiento se les separa de ella, cogerán cariño a su protector humano. Esta fácil transferencia de afectos, llamada "primera imagen", es más notoria entre los mamíferos con instintos gregarios.

Por lo tanto, en cierto sentido, los animales contribuyeron a autodomesticarse. Sin esta combinación de rasgos -"primera imagen" y profundo sentido gregario-, es probable que las gentes del Próximo Oriente no hubieran podido formar rebaños. El primer paso en esta dirección quizá fue capturar corderos y cabritos recién nacidos, cuyas madres habían sido matadas por los cazadores, y llevarlos al poblado. Su alimentación sería un problema. Eran demasiado pequeños para digerir la hierba, pero quizá fue posible que algunas amas de cría humanas los amamantaran hasta que crecieran lo suficiente para poder pastar (en los actuales poblados de Nueva Guinea, las mujeres frecuentemente amamantan a las crías de cerdo). Aunque con este método debieron de morir muchas ovejas y cabras, otras sobrevivirían hasta alcanzar la madurez y multiplicarse. Cuando nacieron sus propios descendientes ya no fue ningún problema alimentar a los más jóvenes. Sus madres podían criarlos, y también a los nuevos corderos y cabritos capturados en estado salvaje. De este modo un rebaño crecía rápidamente y los aldeanos podían ocuparse de criar verdaderos animales domésticos.

Todo esto pudo no ser tan fácil como parece. Mientras la agricultura no estuvo bien establecida, quizás escasearon otras fuentes alimenticias, y entonces había que comerse a los animales. Durante la época de apareamiento las hembras domesticadas quizás buscaron la libertad para seguir a un macho que las llamaba desde las colinas. Sin embargo, hacia el 7000 a. de J. C. la mayoría de los poblados del Próximo Oriente parecen haber tenido rebaños de ovejas y de cabras domésticas.

Poco después que estos animales pasaran bajo la protección y cuidado del hombre, empezaron a ocurrir extraños cambios en su anatomía. La selección natural entre los animales salvajes los protege contra cualquier desviación de la norma natural establecida y desecha todo aquello que no suponga una ventaja para la especie. Los machos pequeños, por ejemplo, generalmente no pueden conseguir hembras y, por lo tanto, no transmiten los genes que podrían perpetuar su débil constitución.

Pero cuando los animales son tomados bajo la protección del hombre, su selección, consciente o inconsciente, empieza a modificarlos para adaptarlos a sus propósitos. Si un granjero quiere una raza de ovejas pequeñas, dóciles, empezará por dar pequeños y dóciles carneros a todas las ovejas que pueda coger, y matar, para alimento, a los carneros grandes y belicosos. Con el transcurso de varias generaciones la raza se volverá más pequeña, más tranquila y más tratable.

Cuando empezaron a producirse estas modificaciones en cabras y ovejas, los animales dejaron en sus esqueletos las señales que evidenciaban estos cambios, y que los científicos pueden interpretar con seguridad. En el caso de las ovejas y las cabras, los cuernos se modificaron notablemente y los núcleos óseos, que se conservan al perderse la cubierta exterior, una materia proteínica llamada queratina, muestran claramente los efectos de la domesticación.

Las antiguas cabras salvajes del Próximo Oriente tenían cuernos suavemente curvados, en forma de cimitarra, más anchos en la parte externa (frente de la curva) que en la interna. En

sección, la parte interna del cuerno es más o menos cuadrada, con una esquina, la del fino filo interno, más aguda que las otras tres. Los cuernos de las ovejas salvajes se curvan en círculo y son casi planos de frente. Las secciones de su parte interna son aproximadamente ovales, con el extremo más puntiagudo en la parte posterior.

En el caso de cabras y ovejas domesticadas, los cuernos sufrieron cambios notables. La parte interna del cuerno de las cabras fue perdiendo gradualmente su sección cuadrada y haciéndose más oval. Más adelante comenzó a torcerse en la forma de tirabuzón que puede verse en los cuernos de muchas especies domesticadas del Próximo Oriente. Por otra parte, la porción central del cuerno de las ovejas se volvió menos plana en la zona frontal, y en algunas especies domesticadas desarrolló un acanalado frontal como el de las cabras salvajes. Las ovejas hembras domesticadas tuvieron tendencia a perder sus cuernos por completo.

Es un misterio zoológico por qué sucedieron tales cambios radicales. No es probable que los ganaderos prehistóricos quisieran cambiar la forma de los cuernos. Es más probable que los cambios estuvieran ligados genéticamente a alguna otra cualidad que los ganaderos querían cambiar, tal como una mayor producción de leche en el caso de las cabras o de lana en el de las ovejas. Cualquiera que sea la causa, los cambios fueron transmitidos a los descendientes de modo que los animales domesticados se iban diferenciando cada vez más de sus antepasados salvajes.

## **¿CÓMO OCURRIÓ LA DOMESTICACIÓN DE PLANTAS Y ANIMALES? ¿OCURRIÓ POR SEPARADO?**

En acuerdo con Pernés, 1983. "La domesticación de plantas era un hecho consolidado a finales de la Prehistoria en diversos lugares del planeta: Los trigos en Mesopotamia hace unos 10000 años; el maíz en México hace unos 7000 años; el arroz y el panizo en China entre 10000 y 7000 años atrás; así como los mijos y los sorgos en África entre 4000 y 3000 años atrás. A propósito de este episodio crucial de la humanidad, denominado «**revolución neolítica**», se plantean numerosas cuestiones. ¿Por qué el hombre, que había vivido durante milenios en la Prehistoria como cazador recolector y nómada se hace de pronto agricultor y sedentario? ¿Qué le empujó a este cambio notable en su modo de vida y cómo tuvo lugar? Numerosas teorías han sido formuladas para dar respuesta a tales preguntas. Algunas de ellas se basan en un cambio de clima, otras en aspectos socioculturales, otras por su parte, en un cambio en el modo de caza y de recolección previos a la invención de la agricultura (véase recuadro). Este aspecto de la «revolución neolítica» ya fue tratado hace una decena de años por el botánico y arqueólogo norteamericano Jack R. Harlan (*La Recherche*, nº 29, p.1035, diciembre de 1972). Otra cuestión bien distinta respecto a los orígenes de la agricultura es ésta: ¿cuál era el grado de saber «biológico» o de destreza «agronómica» necesaria para domesticar las plantas? para decir las cosas de otra forma: la domesticación representa una «invención»; es muy probable que nuestros antepasados del Neolítico hubieran presentado ciertas nociones de genética y dominado asimismo ciertas prácticas de «selección artificial» para llegar a domesticar los cereales.

¿Cómo es posible entonces que el conocimiento científico de la herencia de los caracteres, la Genética, date únicamente de 1865, es decir, del momento en que el monje austriaco Gregor Mendel descubrió las leyes de la transmisión hereditaria experimentando la hibridación en guisantes cultivados en el monasterio de Brünn, Moravia (hoy Brno, Checoslovaquia)?

La cuestión del «conocimiento biológico» que poseían nuestros antepasados del Neolítico es todavía más admirable cuando tenemos en cuenta que las plantas cultivadas proceden de plantas silvestres, cuyo respectivo aspecto difiere casi siempre de modo notable. El caso más espectacular es, sin lugar a dudas, el del maíz. Una planta de maíz posee un grueso y único tallo portador de una o dos grandes mazorcas (de unos 25 cm de longitud) portadoras de los granos

dispuestos en una veintena de hileras. El maíz deriva sin embargo de una planta silvestre llamada teocintle, cuyos individuos son bien distintos a los del maíz; cada uno de ellos consta de media docena o más de tallitos portadores de numerosas espigas pequeñas (de unos 6 o 7 cm de longitud) y con una sola hilera de granos; además, esos granos tienen un aspecto triangular, bien distinto del grano cuadrangular del maíz. Brevemente, las diferencias entre el maíz y el teocintle son tantas que los botánicos les han dado, a partir del siglo XVIII nombres científicos bien dispares. El maíz fue bautizado *Zea mays* y el teocintle *Euchlena mexicana*. De hecho, maíz y teocintle parecen realmente tan dispares que muchos botánicos admitían todavía hace diez años que no existía relación directa entre ambas y que el ancestro silvestre del maíz era desconocido.

En muchos otros cereales, las diferencias entre la planta silvestre y la planta cultivada son los suficientemente numerosas como para que los botánicos creyeran oportuno distinguirlas también a nivel de su denominación latina (en menor grado, sin embargo, que en el caso del maíz). Para el trigo diploide, por ejemplo, la forma silvestre se denomina *Triticum monococcoides*, mientras que la forma cultivada se denomina *Triticum monococcum*. Es el caso asimismo del mijo, un cereal africano, cuya fórmula silvestre se denomina *Pennisetum moliissimum*, y la forma cultivada *Pennisetum glaucum* (en la tabla se relacionan aquellos cereales cuyas formas silvestre y cultivada han recibido nombres latinos distintos).

Nombre de la planta cultivada	Nombre latino de la planta cultivada	Nombre latino de la planta silvestre
Panizo	<i>Setaria italica</i>	<i>Setaria viridis</i>
Mijo	<i>Pennisetum glaucum</i>	<i>Pennisetum mollissimum</i>
Arroz asiático	<i>Oryza sativa</i>	<i>Oryza rufipogon</i>
Arroz africano	<i>Oryza glaberrima</i>	<i>Oryza brevigulata</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>	<i>Euchlena mexicana</i> <sup>3</sup>
trigo diploide	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum monococcoides</i>
trigo tetraploide	<i>Triticum dicoccum</i>	<i>Triticum dicoccoides</i>
Las plantas cultivadas como los cereales provienen de la domesticación de plantas silvestres. Con frecuencia el aspecto de la planta silvestre es lo suficientemente distinto del de la planta cultivada para que los botánicos hayan creído oportuno darles denominaciones latinas diferentes considerándolas como especies distintas. Desde el punto de vista biológico no es cierto ya que es posible obtener híbridos, en algunos casos, totalmente fecundos entre las formas silvestre y cultivada. Sin embargo, es habitual todavía verlas con nombres específicos (genéricos) diferentes.		

En definitiva, todo lo anterior da la sensación de que la domesticación ha cambiado considerablemente el aspecto de las plantas; lo que permite pensar que han sido precisos un saber «biológico» y un saber hacer «agronómico» considerables para obtener los cereales cultivados a partir de las formas silvestres. En realidad, los trabajos de genética llevados a cabo en estos últimos quince años a nivel mundial han puesto de manifiesto que, sin lugar a dudas, la

<sup>3</sup> Actualmente la distinción entre el maíz y el teocintle es a nivel de subespecie designándose al primero *Zea mays ssp mays* y al segundo *Zea mays ssp mexicana*.

domesticación de los cereales ha procedido por caminos bastante simples. De hecho, la domesticación fue posible porque en cierto número de plantas silvestres preexistían particularidades genéticas simples, las cuales fueron aprovechadas por prácticas agronómicas igualmente simples. Apéndice I

### **¿En qué forma la domesticación ha afectado a las plantas y animales para adaptarse a los ambientes de cultivo en relación a los ambientes naturales?**

Respecto a lo que él designó *síndrome de domesticación*, el Dr. Jean Pernés —con la sencillez que le caracterizaba— escribió: “Un cereal cultivado presenta un conjunto de caracteres biológicos, que son otras tantas adaptaciones útiles al agricultor: este conjunto de caracteres ha recibido el nombre de *síndrome de domesticación*. Por ejemplo, un cereal como el trigo, el maíz o el mijo presentan grandes espigas, pero en número reducido, que alcanzan la madurez aproximadamente por un igual. Se trata de características muy útiles para el agricultor. Efectivamente, el agricultor desea recolectar la producción del modo más fácil posible, en un o dos veces al final de cultivo del cereal.

Si se compara la planta cultivada con la planta silvestre de la cual deriva uno repara en que esta última no se presta, ni mucho menos, a una recolección tan fácil. El mijo silvestre, por ejemplo, presenta individuos portadores de centenares de pequeñas espigas que alcanzan la madurez de forma muy escalonada, mientras que las plantas de mijo doméstico portan como máximo una decena de espigas sostenidas por gruesos tallos (véase recuadro). De hecho, el mijo silvestre presenta cierto número de características que permiten una dispersión eficaz de los granos a lo largo de un periodo grande de tiempo y a lo ancho de los grandes espacios. Efectivamente, los granos están unidos a la «espiga» por un corto pedúnculo que se rompe fácilmente; de esta forma pueden soltarse sin más a medida que van alcanzando la madurez. Además, van provistos de largas sedas que permiten que el grano sea dispersado por el viento. De modo inverso, los granos de mijo doméstico están fuertemente unidos por un pedúnculo largo, mientras que las sedas faltan casi por completo. En definitiva, vemos que la planta silvestre presenta un conjunto de caracteres tendentes a asegurar una dispersión máxima de sus granos, mientras que la planta doméstica presenta un conjunto de caracteres que aseguran precisamente lo contrario (es decir, ¡la no dispersión!); los «intereses» de la reproducción de la planta silvestre y los del agricultor son exactamente contrapuestos. Para asegurarse la máxima oportunidad de alcanzar la siguiente generación la planta silvestre tiene «interés» en escalonar la dispersión de sus granos maduros a lo largo del tiempo y el espacio. Por el contrario, si lo que quiere es una recolección «rentable», el agricultor tiene interés en «juntar» en el mínimo de espacio y de tiempo el máximo de granos.

Esta oposición de los «intereses» de la reproducción de la planta silvestre y los del agricultor volvemos a encontrarla en muchos otros caracteres biológicos. Sucede así, por ejemplo, en la germinación de los granos. En el caso de los cereales silvestres, un buen escalonamiento de la germinación da más posibilidades para que algunas plántulas encuentren condiciones favorables. Así, los granos de los cereales silvestres poseen numerosos dispositivos que retardan y hacen heterogéneo el momento de la germinación. Los granos van provistos de envolturas gruesas que deben ser degradadas lentamente antes de que se libere la plántula; hay además numerosos mecanismos químicos de inhibición de la germinación; las necesidades de crecimiento de la plántula aseguradas por las sustancias almacenadas en el interior del grano son satisfechas de forma sólo gradual, ya que las sustancias de reserva son —en una proporción relativamente elevada— proteínas, es decir, sustancias no fácilmente movilizables...

Por el contrario, el cultivador tiene necesidad de que los granos que arroja al campo previamente labrado y preparado germinen rápida y conjuntamente; de esta forma podrán adelantarse a las malas hierba, y el campo quedará cubierto uniformemente de cereales, lo que facilitará —naturalmente— la próxima recogida. De ahí que los granos de los cereales cultivados

deben presentar pocos mecanismos retardatarios de la germinación y que sus envolturas hayan de ser débiles, mientras que las reservas deberán contener una proporción considerable de glúcidos. Reparemos en que los imperativos de la preparación culinaria van en el mismo sentido de disminuir el grosor de las envolturas del grano y de la eliminación de las sedas.

En definitiva, las plantas domésticas se distinguen, pues de las plantas silvestres de las que derivan por caracteres biológicos útiles al agricultor en el momento de la recolección, la siembra o la preparación culinaria. Señalemos, en fin, que las plantas domésticas y las plantas silvestres no difieren en absoluto —contrariamente a lo que podría pensarse— a nivel del rendimiento productivo de su metabolismo.

## LA GENÉTICA DE LOS CARACTERES ÚTILES AL AGRICULTOR

La genética de los caracteres útiles al agricultor (es decir, el síndrome de domesticación) ha sido particularmente estudiada en los años setenta, en lo que respecta al maíz, por J. R. Harlan y J. M. J. de Wet, de la universidad de Urbana, Illinois (Estados Unidos), y por W. Galinat, también en Estados Unidos.<sup>i</sup> Por nuestra parte, hemos esclarecido con nuestro equipo, durante este mismo periodo, la cuestión del control genético del «síndrome de domesticación en el mijo».<sup>ii</sup>

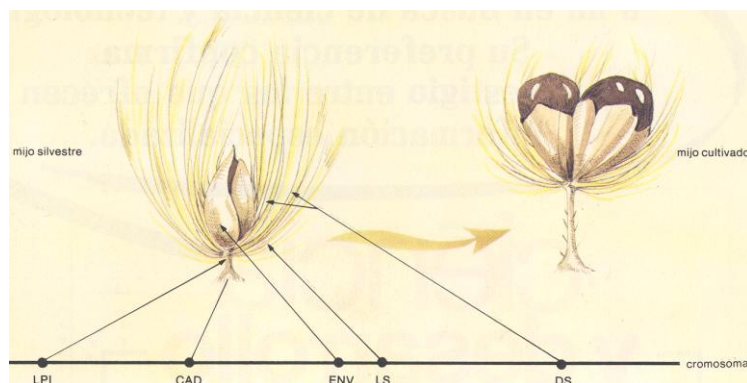
De entrada es preciso saber que a pesar de su morfología bien distinta y su designación latina, asimismo diferente, el mijo silvestre y el doméstico pertenecen a la misma especie biológica: sus híbridos son totalmente fértiles. De donde, que en aquellas localidades africanas donde coexisten, se produzcan regularmente cruzamientos espontáneos. Los cultivadores africanos han reconocido siempre los híbridos que aparecen dentro de sus campos, en especial por el hecho de que presentan características biológicas muy impropias para el cultivo: los granos se desprenden antes de que el conjunto del fruto esté maduro; los granos están provistos de fuertes sedas y de fuertes envolturas; los distintos tallos no florecen al mismo tiempo...; cada etnia ha dado a tales híbridos: «ndul» en uolof, «chibra» en hausa.



En determinadas regiones del planeta algunos cereales se encuentran todavía en estado silvestre y son explotados por simple recogida y no por cultivo. Mujeres y niños de Chad se han provisto de cestos para recoger los granos de arroz silvestre *Oryza breviligulata*. Esta técnica de recolección nos remonta a la de los hombres primitivos que diez mil años atrás iniciaron el camino de la domesticación de cereales.



El Dr. Pernés y su equipo después de realizar un análisis genético de la descendencia de estos híbridos, establecen que: “En primer lugar, se constata que entre las plantas a que dan lugar algunas son absolutamente indistinguibles de la silvestre. Dicho de otra forma, los caracteres de los progenitores reaparecen íntegramente en la descendencia de los híbridos. Esto significa que las leyes de Mendel son aplicables al conjunto del síndrome de domesticación. Si se toman individualmente cada uno de los caracteres del síndrome de domesticación en el mijo es posible apreciar que, en el plano genético, se presentan como una alternativa a un carácter de la planta silvestre. Por ejemplo, el largo pedúnculo (que une firmemente al grano con la espiga) presente en el mijo domesticado es sustituido por un pedúnculo ultracorto (que hace al grano fácilmente separable de la espiga) en el mijo silvestre. El análisis genético muestra que el carácter largo o corto del pedúnculo son las dos versiones posibles de un mismo gen, y lo mismo sucede para con otros caracteres de síndrome de domesticación: un solo gen con dos versiones distintas determina si los granos van provistos de envolturas o no; si las sedas son numerosas o no; si el grano cae o no cuando está maduro; por lo que respecta a la longitud de las sedas, las cosas son algo más complicadas: dos genes intervienen de forma simultánea. En definitiva, se observa que el síndrome de domesticación consiste, por lo que hace al mijo, en la elección de una de las versiones de cada uno de los genes que controlan cada carácter. Finalmente, el conjunto del síndrome de domesticación en el mijo parece comportarse como una versión de una única unidad genética global constituida por el conjunto de los caracteres considerados. Los distintos genes que determinan los diversos caracteres (longitud del pedúnculo, caducidad de la espiguilla a la madurez, envolturas del grano, densidad de las sedas, etc.) son portados por el mismo cromosoma. La versión de cada uno de estos genes útil para el agricultor puede, por tanto, ser transmitida a cada generación de forma solidaria con las versiones útiles de cada uno de los demás genes que configuran el síndrome de domesticación. Esto es lo que explica que a pesar de la multiplicidad de genes implicados en el síndrome de domesticación, el mijo cultivado conserve de una generación a la siguiente, y con la purga vigilante del campesino, el conjunto de los caracteres útiles al agricultor. Dicho de otra manera, la forma cultivada del mijo disfruta de estabilidad genética, razón de que entre la descendencia de los híbridos entre mijo silvestre y mijo cultivado algunas plantas vuelvan «en bloque» de forma solidaria. En este caso, el bloque está mucho más íntimamente ligado en el mijo.



La morfología y/o la fisiología de cada uno de los anexos del grano de mijo son determinados por un gen, con dos versiones posibles. El gen LPI controla la longitud del pedúnculo (órgano que inserta la espiguilla en el eje principal de la espiga). El gen CAD controla el mecanismo que permite la ruptura del pedúnculo, lo que conlleva la caída del grano. El gen ENV determina la forma de las envolturas o cubiertas del grano. Los genes LS y DS determinan, respectivamente, la longitud y la densidad de las sedas. La morfología de la espiga del mijo silvestre está determinada por la presencia de uno u otro miembros del par de genes para cada carácter (carácter «corto» para el pedúnculo, carácter «numeroso» para las sedas, etc.). Los análisis genéticos muestran que los cinco genes (LPI, ENV, CAD, LS y DS) están situados en el mismo cromosoma, a escasa distancia unos de los otros, distancia que se expresa en la unidad de medida genética, el centimorgan. Aquí los cinco genes del síndrome de domesticación son transmitidos «en bloque» a cada generación, lo que asegura la estabilidad genética de la planta cultivada.

Por último, el análisis genético muestra también que las plantas silvestres y las cultivadas no difieren prácticamente sino en los genes relativos al síndrome de domesticación. Los demás son, en su inmensa mayoría, idénticos. Esto quiere decir, a fin de cuentas, que han sido unos pocos genes —alrededor de una decena— los que han sido objeto de una elección determinada durante el proceso de domesticación.

### ¿Por qué surgió la agricultura?

De todas las interrogantes involucradas en el estudio de este trascendental acontecimiento de la historia humana ésta es sin duda la más compleja y en consecuencia la más difícil de contestar.

De acuerdo con el recordado maestro Efraím Hernández Xolocotzi, uno de los trabajos más completos y actualizados en el tema de los orígenes de la agricultura es libro editado por el famoso arqueólogo Kent V. Flannery intitulado *Guilá Naqitz*, en cuyo último capítulo “**A Visit to The Master**”, se encuentra una de las lecciones metodológicas más interesantes pertinentes a este tema<sup>4</sup>.

Habiendo concluido la sistematización de una enorme cantidad de datos arqueológicos, etnobotánicos y ecológicos, el Dr. Flannery —preocupado por no poder contestar la interrogante relativa al por qué del surgimiento de la agricultura en Mesoamérica, sintió la necesidad de recurrir a un hombre sabio (*The Master*) con quien poder comentar su punto de vista al respecto.

.....La noche llegaba a su fin en *Antelope Springs*, y un leve frío comenzó a sentirse en el interior de la cueva. Después de comer un poco de yoghurt, El Maestro, su acólito y yo nos amontonamos en torno de un pequeño calentador de keroseno, disponiéndonos a discutir el último de mis problemas teóricos.

"Muy bien" —dijo Flannery al Maestro- "Hemos planteado que la Arqueología encuentra un mejor paradigma en la Paleontología que en la Física, aspecto que hace posible que podamos emplear a las narraciones históricas, reconociendo a la vez que tanto los eventos pasados únicos, como los procesos universales a largo plazo pueden ser causalmente importantes. Lo anterior hace que enfoquemos nuestra atención a la generación de conceptos más que a las leyes, y al estudio de la probabilidad más que a las explicaciones mecánico - deterministas. Todo ello justifica el uso del concepto de ecosistema, pues, gracias a su capacidad de integrar las más complejas interrelaciones, podemos distinguir los aspectos pertinentes a la materia viviente de los de la materia inanimada, así como los aspectos derivados de sus interrelaciones que ni aún con el auxilio de procedimientos sistémicos del más alto orden podrían ser predichos.

El Maestro sonrió y dijo: "Pero aún no está usted satisfecho"

"No" -repliqué- "No, hasta que logre tener una idea clara de lo que significa causalidad en el contexto de una narración histórica. ¿Qué podría decir si alguien me pregunta: "¿Qué causó los orígenes de la agricultura en Oaxaca?"

"Comience por preguntarles a que causa se refieren" -respondió El Maestro- "La causa material, la causa eficiente, la causa formal o la causa final"

El Maestro volvió a dirigir su brazo hacia el librero que apenas podía verse en la penumbra, para extraer un viejo volumen con forro de piel y letras manuscritas sobre su lomo que decían; *Analytica Posteriora*.

"En el libro II, capítulo 10" -explicaba El Maestro mientras daba vuelta a sus amarillentas páginas- "Aristóteles postula que todo fenómeno tiene cuatro causas. La causa material que es aquella con la cual se hace algo, *v.gr.* "La piel es la causa material de los zapatos". La causa eficiente es aquella a través de la cual dicho objeto es construido. "El zapatero es la causa eficiente de los zapatos". La causa formal es el

---

<sup>4</sup> Para una mejor ubicación de esta parte del trabajo se recomienda leer el capítulo completo anexo como Apéndice I

patrón seguido en la elaboración de ese objeto. Así, en el ejemplo que venimos siguiendo, el zapatero da forma a la piel de acuerdo al diseño previamente concebido. La causa final es aquella razón por la cual dicho objeto es creado. En nuestro ejemplo "proteger los pies de un ser humano, constituye la causa final de un par de zapatos". Ahora - sentenció El Maestro - "ponga usted en estos términos su narración sobre Oaxaca".

"¿No cree usted que eso es pedir demasiado?" -protesté.

"Disponga usted del tiempo que considere necesario" -dijo sonriéndose El Maestro.

"Muy bien" -respondí, dando inicio a mi explicación- "Un conjunto de arvenses genéticamente variables, constituyeron la causa material, la materia prima "con la cual " la incipiente agricultura empezó a desarrollarse. Las plantas leñosas perennes no pudieron ser; siendo en esta fase el "material" erróneo.

"¿Y la causa eficiente?" -preguntó El Maestro.

La respuesta depende de quién estemos hablando. Si "el zapatero constituye la causa eficiente del zapato", entonces los humanos constituyeron la causa eficiente de la agricultura, puesto que fueron ellos quienes prepararon la tierra, realizaron la siembra y seleccionaron los mutantes que consideraron pertinentes. Estoy seguro de que existen quienes afirman que la presión ejercida por el crecimiento de la población o el cambio en el clima debieron haber constituido la causa eficiente, sin embargo, los resultados de la simulación efectuada por nosotros no apoya este punto de vista."

"¿Qué piensa acerca de una retroalimentación positiva?" -preguntó El Maestro.

"Una observación interesante" -admití- "Si la retroalimentación positiva pudo transformar la acción de cultivar de modo ocasional en una de carácter permanente, podríamos considerarla una causa eficiente, pero la retroalimentación por sí misma no es un actor, y hasta donde yo entiendo, la causa eficiente involucra la participación de un actor.

"¿Y la causa formal?"

"Esa es una pregunta difícil de responder" -dije- "Pero según recuerdo, Aristóteles utilizó para tal efecto el ejemplo de una bellota creciendo en un árbol de encino del cual habría de tomar sus características. Si este fuera el caso, entonces quizá el código genético contenido en el plasma germinal de las plantas pudiera considerarse como "aquello a través del cual algo es creado".

"A los botánicos les agrada esa explicación" -dijo El Maestro sonriéndose- "pero, ¿qué opinan los antropólogos?"

"Ellos podrían decir que la jícara o bule, considerada como la cantimplora Precolombina, constituyó la causa formal de su cultivo, o bien, que un campo densamente poblado de frijoles mutantes con las vainas rectas, constituyó el "arquetipo" en el que los primeros agricultores de esta especie se basaron para su introducción al cultivo y ulterior domesticación."

"¿Y la causa final?" -preguntó El Maestro

"Creo que esa es la más interesante de todas ". Observé.

"Porque la frase; la razón por la que algo es creado, muestra que Aristóteles creía en la intencionalidad. Si este fuera el caso, creo que existen varias respuestas: Para reducir aún más el área de exploración vinculada a la sobrevivencia del grupo, podría ser una de ellas. Para amortiguar las diferencias en productividad registradas entre los años de buen y mal temporal, podría ser otra. Para incrementar la época de disponibilidad de plantas comestibles, podría ser una tercera razón. Para disponer de recipientes para transportar agua donde quiera que fuese el grupo, quizá sería una cuarta. Adviértase que ninguna de las razones consideradas implica conciencia de los individuos de haber estado creando algo nuevo, lo cual según creo hubiese involucrado la clase de intencionalidad que Rindos también objeta. A la luz de nuestros resultados, todas las mencionadas podrían considerarse las "causas finales" más razonables a nuestro grupo recolector.

"No obstante" -replicó El Maestro- "Debió existir una causa final que no fuese compartida por todos los grupos recolectores, de lo contrario la agricultura no hubiese llegado a reemplazar a la recolecta"

Permanecí en silencio durante un largo rato y después de pensar en las palabras del Maestro dije; "Si estamos claros de que estamos hablando desde una perspectiva evolutiva y rechazamos tanto la intencionalidad humana como la teleología, puedo sugerir al menos una causa. La simulación practicada por Reynold, sugiere que los primeros agricultores de Oaxaca poseían conceptos más desarrollados que sus antecesores recolectores, de tal modo que, bajo condiciones de competencia, seguramente aquellos superarían las expectativas de sobrevivencia de estos últimos, por lo que desde una perspectiva evolutiva

una causa final debió ser "poseer una ventaja selectiva superior en relación a los grupos vecinos" y si además de ello hubiese sido el caso de que la agricultura tuviese el potencial necesario para soportar una cada vez mayor descendencia humana, y en consecuencia ser cada vez más eficiente, entonces el sedentarismo en Oaxaca probablemente involucró lapsos de tiempo muy variables".

El Maestro hizo señas a su discípulo para que incrementara unos grados la temperatura del calentador. "Usted está en franco desacuerdo con la noción teleológica" -sentenció El Maestro.

"Los arqueólogos frecuentemente somos criticados por ello"

"En efecto" -reconoció El Maestro- "pero principalmente por los filósofos para quienes la Física es el prototipo, veamos que tiene que decir Mayr al respecto en el contexto de la Biología."

El Maestro volvió a abrir "El desarrollo del pensamiento biológico", hojeándolo lentamente hasta la página 72, y doblando una de sus esquinas me pasó el libro.

"Todo proceso biológico", escribió Mayr, (1982:72-73). "posee tanto una causa inmediata como una causa evolutiva. Buena parte de la confusión que existe en la historia de la Biología se debe a que los autores se han concentrado exclusivamente en una de tales causas". Leído lo anterior, El Maestro procedió a explicarme que al igual que los físicos, los biólogos que sólo prestan atención al primer tipo de causa, enfocan su atención en las interrogantes que se refieren al ¿qué? y al ¿cómo?. Por su parte, los biólogos que se relacionan más con las causas evolutivas, plantean el ¿para qué? como el aspecto central de su investigación, interrogante que, por otro lado, resulta más significativa en el mundo de los seres vivos que en el de la materia inorgánica y que sin pretender llegar a un planteamiento teleológico podemos afirmar que "en el mundo viviente la pregunta ¿para qué? tiene un enorme valor heurístico" (p.72)

¿Por qué emigra un pájaro silbador?, Mayr señala que la causa inmediata de este fenómeno se relaciona con la alteración del fotoperiodo, la cual hace que el ave emigre hacia el sur. No obstante, otras especies de pájaros expuestas al mismo fotoperiodo permanecen en su sitio. La causa evolutiva, involucró miles de años de selección natural, así, algunos pájaros consumidores de ciertas especies de insectos se arriesgan a ir incluso más hacia el norte hacia finales del verano, cuando ya no se encuentra su principal fuente de alimento, emigrando hacia el sur, sólo cuando el invierno ha entrado de lleno. El pájaro del que hablamos, es el producto de un programa genético que requirió miles de años para desarrollarse, así como de otros eventos evolutivos previos, tales como el surgimiento de las especies de insectos que habrán de ser su alimento, o bien, el desarrollo de sus alas que, cuando llegue el momento, le permitirán desplazarse a grandes distancias.

"Ve usted" -dijo El Maestro, al tiempo que acercaba sus rodillas a tal grado al calentador que parecía que su ropa fuera a incendiarse- "a pesar de que en la actualidad no es frecuente escuchar hablar acerca de las cuatro causas postuladas por Aristóteles, cada vez hay una mayor conciencia de que en la explicación de los fenómenos existe algo más que una sola clase de causalidad. La causalidad multivariada no es un simple ardid para tratar de evadir la postulación de una causa específica, no, en realidad lo que se pretende es señalar que, en la realidad la causalidad involucrada en los fenómenos pertinentes a los seres vivos puede ser mucho más compleja que aquella relacionada con la materia inorgánica. En esencia, lo que Mayr pretende decir es que el desarrollo de la Biología requiere de una filosofía que preste más atención a las características inherentes a los seres vivos, más que pretender continuar basándose exclusivamente en el paradigma de la Física.

## **¿QUÉ CONDICIONES DEL MEDIO PERMITIERON LA DOMESTICACIÓN DE VEGETALES Y ESPECIES ANIMALES?**

En la actualidad, la agricultura alimenta a la mayoría de la población mundial, pero hasta el 8000 a. de J.C. —prácticamente ayer en la historia milenaria de la humanidad— todos los habitantes de la Tierra eran cazadores-recolectores. Efectivamente, durante casi el 99 por ciento del tiempo que ha pasado sobre la Tierra, el hombre desarrolló una existencia de este tipo. En algunos pocos lugares donde la naturaleza era especialmente generosa, los cazadores se establecieron en poblados, pero la inmensa mayoría vivía en pequeñas bandas que se veían forzadas a errar sin descanso en busca de comida. Cuando un grupo había matado o ahuyentado la mayoría de la caza de sus alrededores y agotado los alimentos vegetales más

atrayentes, se trasladaba a otro lugar guiado por su conocimiento de los productos según las estaciones y de las costumbres animales. Durante largo tiempo, los estudiosos creyeron que estos antiguos recolectores habían llevado una existencia precaria, siempre al borde del hambre. Una frase de *Thomas Hobbes*, filósofo inglés del siglo XVII, según la cual la gente en estado natural lleva vidas "sórdidas, salvajes y cortas", ha sido repetida en círculos eruditos casi hasta nuestros días.

Hasta época reciente, muchos estudiosos afirmaron que la sustitución inicial de la recolección por la agricultura estuvo motivada por fuerzas naturales. Una teoría ampliamente aceptada, propuesta en 1936 por el arqueólogo británico, *Gordon Childe*, explicó el cambio por la variación climática que ocurrió al final de la última glaciación, hacia el 10000 a. de J.C. Según *Childe*, las áreas fértiles, abundantes en agua, escasamente habitadas por cazadores-recolectores, se secaron a consecuencia de la retirada de los glaciares. Muchos ríos se secaron. Desiertos de dunas movedizas reemplazaron a bosques y prados. Para sobrevivir, los cazadores-recolectores se vieron forzados a refugiarse en algunos lugares que se mantenían húmedos, como el valle del Nilo, en Egipto. Una vez allí, los refugiados se vieron constreñidos a cultivar plantas alimenticias en vez de confiar en la limitada prodigalidad de la naturaleza. Al mismo tiempo, domesticaron algunos animales salvajes que habían sido empujados hacia los oasis ante la escasez de agua en cualquier otro lugar.

En 1960 esta teoría fue puesta en duda por *Robert Braidwood*, de la Universidad de Chicago, quien en un artículo, basado en un trabajo de diez años, apuntaba que los cambios climáticos que se sabe que tuvieron lugar en el Próximo Oriente no fueron tan drásticos como *Childe* había supuesto. Arguyó, además, que la transición a la agricultura se produjo con mayor probabilidad en algún lugar del Próximo Oriente donde las condiciones fueran —particularmente favorables— donde coexistieran hombres con plantas y animales salvajes, pero domesticables—. Y puesto que los establecimientos agrícolas más antiguos que entonces se conocían —los del valle del Nilo, fechables desde el 4500 a. de J.C., aproximadamente— ya estaban avanzados, *Braidwood* supuso que la agricultura apareció mucho antes de lo que cualquiera había pensado.

Para probar sus teorías, *Braidwood* planeó una expedición que representaría un cambio con respecto a las que se habían hecho anteriormente en el Próximo Oriente. Los arqueólogos precedentes, buscando sobre todo tesoros con los que enriquecer las colecciones de los museos y los mecenas, se habían interesado generalmente por algún lugar espectacular como la ciudad de Ur, en Caldea, o la tumba de Tutankhamon. Por el contrario, *Braidwood* intentó trabajar en la solución de un problema general para llenar lo que consideraba una lamentable laguna en el conocimiento del pasado del hombre. Indicando que la secuencia del desarrollo prehistórico "parecía saltar desde una fase tardía de la etapa cavernícola hasta el nivel de comunidades florecientes con una vida agrícola en poblados", propuso llenar este vacío encontrando un poblado de transición cuyos habitantes estuvieran a caballo, justamente, en la línea divisoria entre la caza-recolección y la agricultura.

Jamás un arqueólogo tuvo mejor puntería. Al escoger donde excavar, *Braidwood* se guió por el conocimiento de lugares en que se habían encontrado establecimientos pertenecientes a aquellos dos extremos del vacío arqueológico. Rechazó el lugar favorito de *Childe*, el valle del Nilo, y se dirigió a lo que él llamó los flancos montañosos de los montes Zagros, en el nordeste de Irak. "Dentro de la zona de los flancos montañosos", escribió, "se da de un modo natural (o, en el caso de alguno de los animales más grandes, se dio hasta hace poco) una destacada variedad de las plantas y animales que luego se convertirían en la base de la pauta productora de comida en la tradición cultural occidental. En ningún otro lugar del mundo podrían encontrarse juntos, en un entorno natural único, trigo y cebada silvestres, ovejas, cabras, cerdos, bóvidos y caballos salvajes."

Puesto que el clima de la región de los *Zagros* ha sido más o menos el mismo que el actual desde hace muchos miles de años, el régimen de lluvias también habrá sido igual: suficiente para una incipiente agricultura sin riego, pero incapaz de fomentar el crecimiento de densos bosques que habrían sido un obstáculo para los primitivos agricultores.

Como la mayoría de los lugares habitables del Próximo Oriente, el nordeste del Irak es rico en vestigios de vida prehistórica. Fragmentos de antiguos recipientes de cerámica aparecen desparramados por doquier, y un ojo experto puede decir a primera vista si el vaso fue roto por un árabe medieval o por un persa de la época de Darío, cinco siglos antes de Cristo. En muchos lugares las carreteras y las fortificaciones modernas han cortado estratos de suelo lleno de escombros y útiles de piedra pertenecientes a gentes desaparecidas hace largo tiempo. Por todas partes, el pasado está dispuesto para contar su historia.

La ondulante región montañosa, a unos 50 kilómetros al este de Kirkuk y a 240 kilómetros de Bagdad, que *Braidwood* eligió para su excavación, padece las consecuencias de miles de años de agricultura descuidada y pastoreo excesivo. Hoy está desnuda y desolada, pero la joven técnica de la palinología —el análisis microscópico del polen antiguo y de otros restos vegetales para determinar lo que creció en el pasado en un lugar— ha probado que desde el 10000 hasta el 7000 a. de J.C., Crecían aquí algunas encinas esparcidas entre pequeñas manchas de césped y hierbas. Ahora a duras penas medran unos pocos árboles, pues el humus no es denso, pero hay agua abundante en los profundos cursos llamados *uadis*, los cuales, aunque pueden secarse en verano, tienen a menudo fuentes o pozos de agua en el fondo.

Los arqueólogos iraquíes han inspeccionado esta región, que es en su mayor parte tierra de pastos, y examinaron someramente un lugar llamado *Jarmo*, en un meandro del *uadi* Chamgawra. El lugar consiste en un montículo bajo y redondeado que tiene una extensión de una hectárea y media, situado sobre una colina que pudo reunir condiciones defensivas, y tiene el aspecto de haber sido habitado durante un largo periodo de tiempo. Los confusos fragmentos de piedra desmenuzada y molida que cubrían su superficie no eran como para atraer a un arqueólogo en busca de su pasado esplendor. Con todo, estos trozos de piedra que parecían insignificantes, eran justamente el tipo de prueba que *Braidwood* estaba buscando. Sugerían a sus ojos expertos que *Jarmo* bien podía datar de época muy cercana a la del comienzo de la agricultura.

Unas pocas zanjas de prueba abiertas en el montículo en 1948 fueron suficientes para confirmar las sospechas de *Braidwood*, quien volvió a Chicago para reunir fondos y organizar una expedición oficial. Dos años después, acompañado por un equipo de botánicos, geólogos, zoólogos y arqueólogos, comenzó la excavación en toda regla.

En poco tiempo el montículo de *Jarmo* demostró que, a su manera, era tan fascinante como los tesoros de Tutankhamon o las ricas tumbas reales encontradas en *Ur*. El montículo está formado por una serie de niveles o estratos, cada uno de los cuales representa un poblado construido sobre las ruinas del precedente. Cuando *Braidwood* excavó todos los niveles —dieciséis en total—, descubrió restos de esqueletos humanos que demostraban que los primeros pobladores de *Jarmo* se parecían a los actuales habitantes árabes de la región: un pueblo de tipo mediterráneo, de estatura mediana, probablemente con piel de color oliváceo, ojos negros y cabello oscuro. Vivían en casas de planta rectangular con paredes de barro, cada una dividida en varias habitaciones; hacían vasos y cuencos de piedra de formas bellas y elegantes, así como figuras de arcilla antropomorfa y zoomorfa, y llevaban brazaletes y otros adornos de piedra y hueso. La presencia de huesos de onagro, gacela y otros animales salvajes, así como de conchas de caracol, bellotas y pistachos, hacía evidente que la caza-recolección constituía parte sustancial de su dieta.

Parte sustancial, pero no toda. Los artefactos desenterrados de los niveles más profundos incluían, además de morteros y majas, hojas de hoz de sílice y útiles de piedra pulimentada y obsidiana que pueden haber sido azadones, todo lo cual parece indicar el cultivo de plantas. Más aún, entre los huesos de animales, los zoólogos de la expedición identificaron los de cabras y ovejas que parecían haber sido domesticadas: estaban bien formados, pero eran pequeños, como suelen ser los de los animales domésticos.

La prueba de que el primer establecimiento de *Jarmo* estaba justo en la línea divisoria entre la caza-recolección y un tipo primitivo de agricultura no fue la construcción de las casas, los útiles o los huesos de animales, sino otro descubrimiento. Semillas enterradas desde hacía muchísimo tiempo mostraron que, entre los principales artículos alimenticios consumidos en *Jarmo*, había dos tipos de trigo y uno de cebada cultivables; todos estaban muy próximos a formas silvestres, pero mostraban parentesco con variedades cultivadas en la actualidad.

Muy pocas semillas de estos cereales fueron conservadas, y aun inadvertidamente, por sus antiguos cultivadores. Puesto que *Jarmo* era un lugar abierto, expuesto a los fenómenos atmosféricos, el agua de lluvia, al filtrarse en el suelo, originó la rápida destrucción de los vegetales. Pero algunas semillas estuvieron sometidas al calor de un fuego o de un horno que, sin alterar su forma, las carbonizó y evitó su putrefacción.

Los cereales prehistóricos que crecían en *Jarmo* dejaron otras huellas, en las cuales los botánicos que acompañaban a *Braidwood* podían leer tan bien como en un libro: impresiones en la mezcla de adobe y paja con que los aldeanos construían sus casas. El lugar más a mano para que los albañiles obtuvieran su paja fue, probablemente, la era, donde el grano era separado de las espigas. Como el proceso de la trilla era primitivo e imperfecto, la paja que se recogía alrededor de la era contenía gran cantidad de semillas que eran amasadas, junto con la paja, en el barro utilizado para edificar las paredes y revestir los suelos de las casas. Las semillas pronto se desintegraron, pero sus improntas resultan casi tan detalladas e informativas como los propios granos. En *Jarmo* se conservaron perfectamente muchos suelos de arcilla y partes bajas de paredes, y la mejor y más abundante información sobre las primeras cosechas del poblado se extrajo de las improntas descubiertas en el barro utilizado para la construcción.

Al final de cuatro laboriosas campañas de excavación, *Braidwood* y los miembros de su equipo resumieron los resultados de sus trabajos en *Jarmo*. La imagen resultante era muy parecida a la escena imaginaria relatada al inicio de este capítulo: un pequeño poblado permanente, formado por unas docenas de casas de barro y habitado por no más de 150 individuos. Aunque, como poblado, *Jarmo* no debió de ser nada notable, estaba, en palabras de *Braidwood*, "en el umbral de un nuevo tipo de vida". En el los primeros agricultores cultivaban trigo y cebada en fecha tan antigua como el año 7000 a. de J.C., mucho antes que hubiera aparecido en Egipto cualquier tipo de agricultura.

*Braidwood* había conseguido su propósito. No pudo descubrir el lugar ni el momento preciso del origen de la agricultura, ya que debieron de transcurrir uno o dos milenios antes que el cultivo de plantas y la domesticación de animales alcanzara un estadio tan primitivo todavía como el de *Jarmo*. Pero los rastros de agricultura que *Braidwood* y su equipo desenterraron de las laderas de los *Zagros* eran los más antiguos hasta entonces encontrados, no tenían nada que ver con un oasis en medio del desierto; por lo tanto, la teoría de la causa climática, propugnada por *Childe*, murió y nadie la ha resucitado.

*Braidwood*, al parecer, no consideró necesario explicar por qué los cazadores-recolectores adoptaron la vida laboriosa del agricultor. Una teoría, defendida encarnizadamente por el

antropólogo *Kent V. Flannery*, de la Universidad de Michigan, sostenía que los antiguos cazadores del Próximo Oriente (y muy probablemente de otros lugares) pasaron por un periodo de 10.000 años de "preadaptación", durante el cual los cambios ocurridos en sus hábitos alimentarios condujeron a la agricultura. Después de estudiar toneladas de escombros procedentes de cuevas o viviendas al aire libre, en una región que se extiende desde los montes *Zagros*, en Irak, hasta la cordillera del Tauro, en Turquía, *Flannery* y sus colegas llegaron a la conclusión de que hacia el 20000 a. de J.C. los cazadores de la región *Tauro-Zagros* variaron su dieta al escasear los alimentos.

A juzgar por los huesos y fragmentos óseos de los depósitos más profundos —los más antiguos, por tanto—, la carne que el hombre había estado comiendo desde los tiempos del *Homo erectus* procedía casi exclusivamente de animales ungulados como ovejas, cabras, bóvidos y cerdos salvajes. Restos de almendras, pistachos y otros cereales silvestres indicaban que los primitivos cazadores-recolectores comían también gran cantidad de alimento vegetal, pero no parece que sintieran atracción por la caza menor.

Los restos procedentes de estratos algo más altos —por consiguiente, más tardíos— mostraban un cambio gradual, pero significativo, respecto de la caza mayor habitual. Los animales ungulados eran aún mayoritarios, pero había también restos de criaturas más pequeñas, más humildes: tortugas, caracoles de tierra, peces, cangrejos de agua fría, moluscos, perdices y aves acuáticas migratorias. Parecía como si la caza mayor ya no pudiera suministrar todas las necesidades alimenticias de aquellas gentes, lo que se solucionó echando mano de presas que habían sido despreciadas anteriormente por los cazadores.

¿Qué provocó este cambio? La causa fue tal vez un incremento de la población que hizo necesario disponer de más alimentos. El aumento de los habitantes pudo deberse a la desaparición de uno o más factores "antipoblacionales". Cualquier mejora de la higiene pública, tal como el uso de letrinas situadas a cierta distancia del campamento, pudo ser suficiente para erradicar una enfermedad o acabar con un parásito. O quizás algún cambio en las costumbres, como autorizar a las viudas a casarse con el hermano de su difunto marido, pudo permitir que nacieran algunos niños más en cada generación, lo que a la larga provocó un aumento del número de habitantes que hizo insuficiente el suministro de ovejas y cabras. Otra posibilidad es que el perfeccionamiento de las armas de caza o de las técnicas cinegéticas provocara una escasez de animales cada vez mayor.

Sea cual fuere la causa, los cazadores del Próximo Oriente abandonaron paulatinamente su existencia basada en la caza de grandes animales y aprendieron a sacar partido de lo que *Flannery* llama "una amplia gama de alimentos animales y vegetales". Este cambio los familiarizó con los diversos recursos alimenticios existentes en su territorio. Y como en ciertos lugares algunos alimentos abundaban de modo especial, probablemente consideraron ventajoso concentrarse en estos recursos y establecerse cerca de ellos.

Estos recolectores especializados pudieron llegar a ser más o menos sedentarios, ya que al explotar intensamente uno o varios alimentos disminuía su nomadismo en busca de otros. En la región montañosa entre el *Tauro* y los *Zagros* abundaban sobre todo las bellotas y varias especies silvestres de cereales y legumbres, la mayor parte de las cuales tenían que ser sacadas de sus vainas y cáscaras para ser comidas. La abundancia de estos vegetales, por otro lado, tal vez fomentó el asentamiento permanente, ya que su utilización implicaba el uso de piedras de moler y recipientes para el almacenaje, todo lo cual es voluminoso y poco manejable para ser trasladado por seminómadas.

Había una hierba, sin embargo, que además de ser alimenticia no necesitaba tanto trabajo para ser consumida. Crecía en algunas zonas montañosas, y sus granos estaban

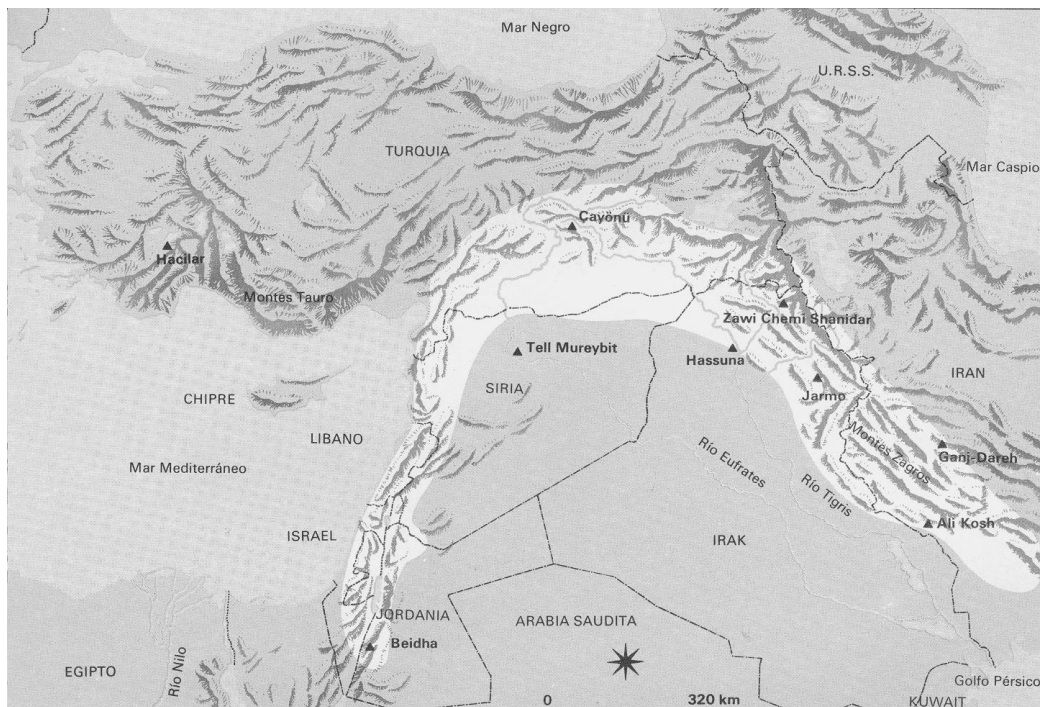


dispuestos en dos hileras al final de delgados tallos. Eran bastante grandes —unos 6 mm de longitud—, y su delgada cáscara estaba fuertemente adherida. Se trataba de la planta más importante en la historia de la civilización occidental: trigo silvestre.

Hasta hace muy pocos años los antropólogos interesados en las bases económicas del Próximo Oriente prehistórico discutían, más bien académicamente, la razón de que el trigo silvestre fuera la primera planta cultivada en aquella región. Una teoría comúnmente admitida era la de que en un principio las mujeres recolectaban trabajosamente el cereal, tallo por tallo, y que éste no se convirtió en ingrediente básico de la alimentación hasta que se aprendió a cultivarlo. Según otra teoría, la calidad de los trigos silvestres (hay dos especies, muy próximas entre si) era muy inferior a la de las variedades que aparecieron una vez que se aprendió su cultivo.

La falsedad de ambas teorías fue demostrada en 1966, cuando *Jack R. Harlan*, entonces profesor de Agronomía en la Universidad de Oklahoma, visitó el este de Turquía. Quedó muy impresionado por las grandes extensiones de escaña (una variedad de trigo) que crecía silvestre en los flancos de la montaña volcánica llamada *Karacadag*, y se preguntó cuan rentable podía haber sido aquella planta para los antiguos cazadores-recolectores. Decidió realizar un experimento práctico. Primero recogió el grano y la paja con sus manos, hasta llenar una bolsa de papel. Se hizo daño en las manos, pero comprobó que de este modo podía recoger un promedio de 2,25 kg por hora. Cuando utilizó una hoja de hoz de sílice de 9.000 años de antigüedad, colocada en un mango de madera, recogió 2,5 kg por hora, y sin hacerse daño en las manos. Llevó su cosecha a la Universidad de Oklahoma, quitó la paja menuda y se encontró con que había obtenido más de 800 gramos de trigo limpio por hora. Además, era un cereal excelente, con un 50 por ciento más de proteínas que el trigo rojo de invierno, la variedad cultivada actualmente en las Grandes Llanuras de los Estados Unidos y Canadá para obtener harina panificable.

Resultó que los campos de trigo silvestre eran un recurso nada despreciable. *Harlan* calculó que en *Karacadag*, durante una temporada de "siega" de tres semanas, una familia equipada con hoces de sílice o simplemente empleando sus manos, fuertes y callosas, podían recoger trigo suficiente para más de un año de consumo. No se necesitaba ningún tipo de agricultura!, el trigo silvestre crecía espontáneamente, como todavía lo hace donde le es posible, desde el norte de Israel, pasando por el Líbano y Siria, hacia el oeste por el este de Turquía y hacia el sudoeste a lo largo de las montañas del Irak e Irán. Allí donde había buenos campos de trigo, y según la importancia de éstos, pudieron establecerse bandas de cazadores-recolectores, unas pocas familias en un lugar, gran número de personas, en otro. Quizá no dejaron de ser cazadores-recolectores y los hombres cazaban siempre que les era posible, pero no se arriesgarían a dejar sin vigilancia sus preciosas provisiones de cereales. Por lo tanto, permanecían cerca de sus graneros y se volvieron sedentarios. Todavía no eran agricultores, pero eran la gente ideal, en el lugar idóneo y en el momento oportuno, para dar el paso crucial. Al cabo de unos siglos ya no dependerían de aquello que la naturaleza quisiera ofrecerles: obligarían a la naturaleza a darles lo que necesitaban.



**Figura 5.** Este mapa del Próximo Oriente muestra las zonas donde se inició en esta parte del mundo la agricultura hacia el 8000 A.C. y la extensión del territorio donde la cebada y los dos tipos de trigo, que los primeros agricultores cultivaron por primera vez, crecen todavía en estado silvestre (zona más clara). Las montañas comprenden las faldas de los montes Zagros y Tauro y las tierras altas de Israel. La zona recibe el nombre de Media Luna Fértil porque traza una curva desde el Irán, bordeando Irak y Siria, hasta el Valle del Nilo. Los triángulos indican las localizaciones de algunos de los poblados asociados con los antiguos agricultores. Fuente: Norton, L. J. 1990.

## CAUSALIDAD Y DOMESTICACIÓN VEGETAL: MAÍZ, UN EJEMPLO

Si como indica Alcorn (1989): “La magnitud de un campo de estudio científico se define en última instancia por las interrogantes que el grupo de investigadores involucrados en el mismo sean capaces de plantear y resolver”, al agrupar los estudios anteriores, considerando como criterio básico el **tipo de interrogante** que pretendieron resolver, vemos que, en esencia, la mayoría de ellos **no** se refieren al proceso conducente a la domesticación inicial del maíz, sino a lo que ha ocurrido a través de éste (la formación de razas es una de las resultantes más evidentes) o bien a lo que pudiera hacerse para modificar las posibles resultantes de dicho proceso ante las presiones a que actualmente se encuentran sometidas las zonas agrícolas tradicionales (como en el caso de los trabajos que se refieren a la conservación *in situ* de su variabilidad genética). Es decir, más que a las posibles **causas** que propiciaron la introducción a cultivo y ulterior domesticación de los ancestros del maíz, la mayoría de las investigaciones publicadas hasta el momento han centrado su atención en las **consecuencias** de dicho fenómeno ya sea en el plano biológico o cultural.

En acuerdo con Flannery (1986): “Causalidad y explicación constituyen dos de los tópicos más importantes para el entendimiento del origen de la agricultura. Sin embargo son también los más polémicos y en parte por ello han sido los menos explorados”. En torno al papel desempeñado por los arqueólogos con relación al esclarecimiento del origen de la agricultura en el área próxima a la capital del actual estado de Oaxaca, México, el propio doctor Flannery - quien dirigió la exploración arqueológica en cuestión- indica lo siguiente: “Después de todo lo que hasta la fecha hemos dicho y hecho, una interrogante continúa en pie: *¿Qué causó que los indígenas de Oaxaca iniciaran el cultivo de ciertas especies vegetales y no de otras?, ¿Realmente nuestros estudios están contribuyendo al entendimiento de los orígenes de la agricultura, o tan solo se han limitado a la descripción de este proceso?. El ¿cuándo? y el ¿dónde? ocurrió la domesticación inicial del*

maíz, son dos interrogantes de gran importancia cuya respuesta ha sido aportada fundamentalmente antropólogos y arqueólogos. Dentro de los primeros -por mencionar algo de lo mucho realizado por los científicos nacionales- destacan las investigaciones publicadas por Rojas (1988), quien además de describir el ambiente natural y social en que se efectuaban *las siembras de ayer*, también analiza las características de la tecnología (incluidos muchos de los instrumentos) utilizada en la época prehispánica para el cultivo del maíz, así como de otras especies igualmente importantes en el área Mesoamericana. En el campo de la arqueología, los trabajos de Anderson (1947 b), MacNeish (1967) y Flannery (1986), constituyen buenos ejemplos de esta línea de trabajo. El **¿Cómo?** ha procedido el proceso de domesticación -en términos de la biología del maíz y en particular de los mecanismos genéticos involucrados en ella- ha sido sin duda la principal aportación de los autores cuyos trabajos se ubican en el segundo grupo señalado en líneas anteriores. Destacan entre éstos los trabajos realizados por Wilkes (1967), así como los publicados por Miranda (1966 y 1977) y Galinat (1994). **¿Por quién?**, o como indican con mayor precisión algunos autores; **¿por quiénes?** fue domesticada, y de hecho continúa siendo domesticada esta maravillosa planta. Tal ha sido el tema de trabajo de antropólogos, historiadores e incluso de algunos agrónomos. Destacan aquí los trabajos de Wilkes (1967), Benz (1986), Galinat (1994), y Johannessen y Hastorf (1994)

Sin pretender restar importancia a las interrogantes anteriores, el **¿por qué?** fueron seleccionadas ciertas poblaciones de teocintle para dar inicio a la domesticación del maíz, es una pregunta crítica que, no obstante su trascendencia, su respuesta ha sido meditada escasamente hasta el momento, no encontrándose en la revisión de literatura involucrada en la realización del presente estudio -la cual comprendió la búsqueda de información en más de 1525 referencias bibliográficas- ninguna publicación dedicada a este aspecto concreto.

Con base en lo antes dicho, así como en las evidencias presentadas hasta el momento en apoyo a la estrecha relación filogenética entre algunas poblaciones de teocintles y los maíces modernos, en el presente trabajo se consideró de interés fundamental la respuesta a las siguientes preguntas: ¿Por qué, si en la actualidad muchos agricultores consideran a las plantas de teocintle una maleza altamente indeseable, nuestros antepasados decidieron iniciar la domesticación del maíz a partir de algunas de sus poblaciones?, ¿Cuáles pudieron haber sido algunos de los primeros móviles por los que nuestros antepasados decidieron iniciar la domesticación del teocintle?, ¿Qué papel desempeñaron en su momento las diversas formas de uso de los teocintles y los maíces en la diversificación de los materiales a nivel racial?, ¿Son las razas del teocintle propuestas por Wilkes (1967), resultado exclusivo de la selección natural?, o bien planteada en otros términos: ¿Influyeron nuestros antepasados en la diferenciación racial de los ancestros del maíz?, ¿Cuáles pudieron haber sido los prerequisites tecnológicos sobre los que se sustentó la introducción al cultivo y ulterior domesticación de las plantas de teocintle?, ¿Cuál fue el impacto de avances culturales como la producción controlada del fuego, la producción de cerámica y el desarrollo de la Agroastronomía en la evolución de las poblaciones de teocintle detectadas como recurso por nuestros antepasados?.

## CON LAS TENDENCIAS EN LA DOMESTICACIÓN DE PLANTAS Y ANIMALES HASTA AHORA CONOCIDAS, ¿CUÁL ES EL FUTURO DE LAS ESPECIES QUE ACTUALMENTE SE TIENEN EN USO PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA?

Hubo una vez en que el hombre disfrutó de una dieta sumamente variada. Él había utilizado como alimento a muchos miles de especies de plantas y a muchos cientos de especies de animales. Sólo un número relativamente pequeño de estas especies fueron alguna vez domesticadas. Con el comienzo de la agricultura había una tendencia a concentrarse en las especies que eran más productivas y con mayores recompensas en términos de la labor y el capital invertido. Cuando los pueblos y ciudades emergieron, la lista de los recursos alimenticios fue estrechada un poco, así que los granjeros vendían las cosechas y animales que se vendían mejor a la población urbana. En los últimos siglos la tendencia se había acelerado con la industrialización y el aumento de economías de capital en efectivo. Los servicios de supermercado y comida rápida han restringido drásticamente la dieta humana en los Estados Unidos, y sus influencias ya se sienten afuera del país.

La tendencia a que más y más personas sean alimentadas por cada vez menos recursos vegetales y animales ha llegado a tal punto que hoy la mayoría de la población mundial es absolutamente dependiente de un puñado de especies. Las cuatro principales cosechas contribuyen con más tonelaje a nivel mundial que las otras 26 cosechas en conjunto. Éste es un fenómeno relativamente reciente y no era una característica de las la agricultura de subsistencia tradicional que fue abandonada durante los últimos siglos.

En la Figura 6 se muestra la gráfica con la que Harlan, 1976, ilustró a las 26 principales especies domesticadas. Si bien algunos datos han cambiado,<sup>5</sup> la tendencia es esencialmente la misma. Lo anterior es sumamente importante pues aún con los enormes esfuerzos por coleccionar y conservar el germoplasma de los recursos vegetales, es muy poco lo que se ha hecho por estudiar y aprovechar la diversidad genética contenida en las plantas silvestres, de las cuales en México, según Rzedowski existen al menos 30 000 especies.

Los agrónomos –junto con otros profesionistas- debemos propiciar un cambio de actitud en nosotros mismos y en los demás de tal manera que conceptos nefastos como el de frontera agrícola, la cual hasta la fecha ha conducido a la eliminación de millones de hectáreas de vegetación natural y su respectiva fauna, ya no se sigan aplicando en aras de un supuesto progreso y desarrollo.

Si seguimos así, menospreciando y extinguiendo los recursos vegetales y animales silvestres no habrá ningún banco de germoplasma que pueda evitar nuestra propia extinción, debemos en consecuencia, conservar no sólo a las plantas y animales de interés, sino también a los ecosistemas y agroecosistemas tradicionales cuya dinámica ecológica depende en gran medida de las múltiples funciones desempeñadas por la biodiversidad silvestre.

---

<sup>5</sup> Si bien es cierto que por la **superficie** que involucra su cultivo a nivel mundial, el maíz ocupa el **tercer lugar** (138,755,400 Ha), después del trigo (210,598,797 Ha) y el arroz (147,144,157 Ha), **éste ocupa el primer lugar con base en la producción mundial cosechada**, misma que para el 2002 fue de 602,589,189 Ton, ubicándose en segundo lugar el arroz con 576,280,153 toneladas y en tercer lugar el trigo, con 572,878,902 toneladas métricas.

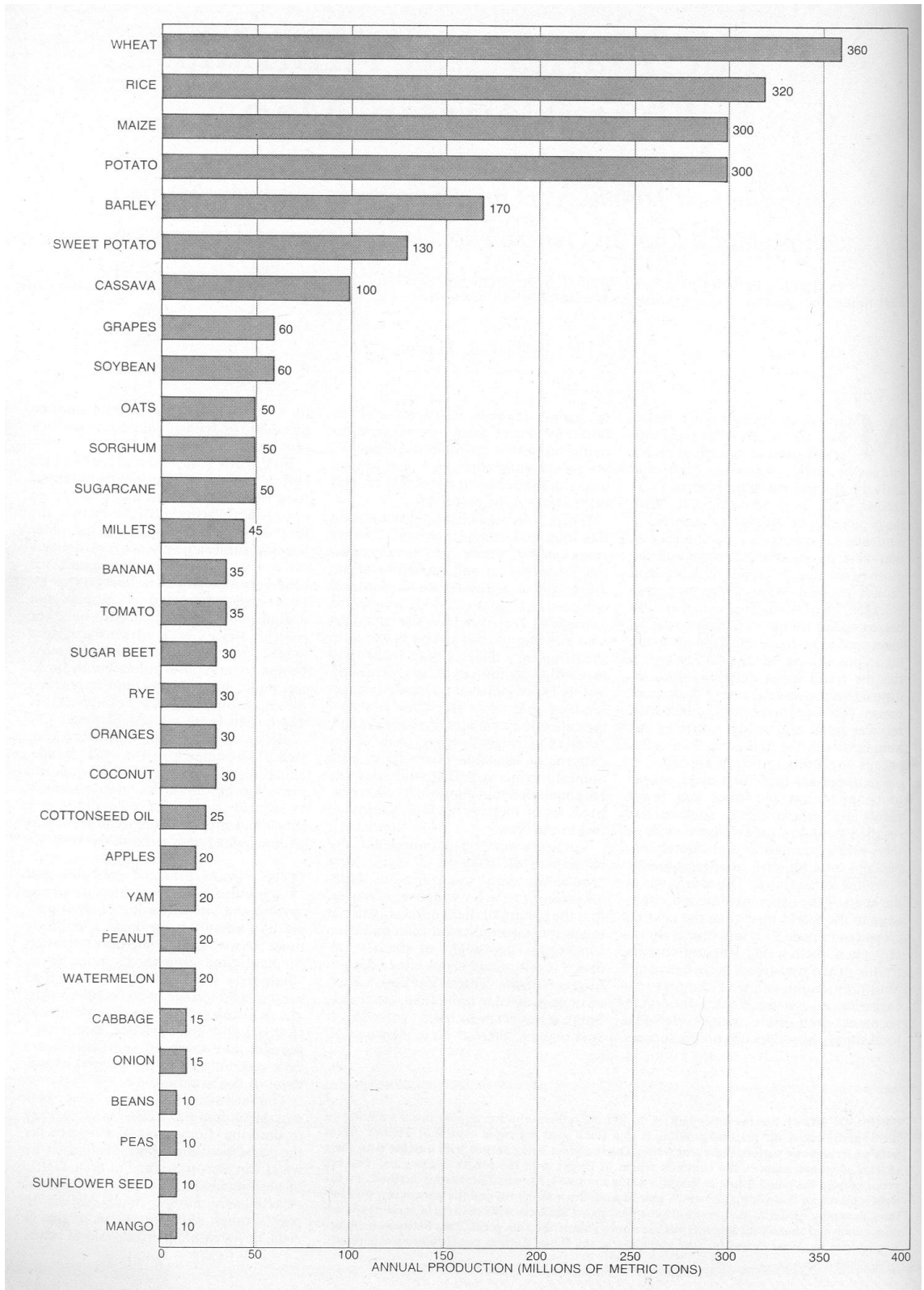


Figura 6. Las veintiséis especies vegetales domesticadas más usadas por la humanidad  
Fuente: Harlan, 1976.

## REFLEXIONES FINALES

Los campesinos, a pesar de que su vida podía ser ruda y difícil, vivían en otro plano de existencia. Eran los primeros agricultores del mundo, gente que había aprendido a cultivar una planta que proporcionaba alimento: no se limitaban tan solo a recolectar las plantas alimenticias que se criaban de un modo natural, sino que las hacían brotar en un lugar donde ordinariamente no crecían. Este progreso, que parece muy simple, tuvo lugar por primera vez hacia el 8000 antes de Cristo en el Próximo Oriente, en algún lugar de lo que se denomina la Media Luna Fértil, el arco montañoso de tierra habitable que limita por el norte el desierto de Arabia. En nuestros tiempos las maravillosas etapas de este progreso se conocen cada vez mejor a medida que los arqueólogos investigan minuciosamente el suelo y la arena de los antiguos establecimientos agrícolas. A partir de las ruinas de poblados agrícolas que estaban mucho más avanzados de lo que cualquiera hubiera imaginado en fecha tan antigua, y gracias a pruebas en apariencia tan poco concluyentes como las cáscaras de las semillas y los núcleos óseos de los cuernos de animales, los investigadores han sido capaces de reconstruir uno de los más importantes y espectaculares episodios de la evolución de la humanidad: el nacimiento de la agricultura. Si no hubiera sido por los primeros agricultores, hoy no habría civilización, y, probablemente, el hombre sería un cazador-recolector que vagaría por la faz de la Tierra en pequeñas bandas. Cuando aquellos primeros agricultores empezaron a cultivar el trigo y la cebada, y a domesticar las ovejas y las cabras salvajes en las colinas en donde vivían, en cierto sentido se estaban domesticando a sí mismos. Durante un millón de años no había sucedido nada tan revolucionario para el hombre; ciertamente no había ocurrido nada tan importante desde que su antepasado, el *Homo erectus*, había desarrollado el lenguaje, dominado el fuego y aprendió a cazar en grupos cooperando eficazmente. Tres mil o cuatro mil años después que la agricultura apareciera en el Próximo Oriente, fue inventada de manera independiente, por lo menos, en otras tres partes del mundo: Norte de China, México y Perú. Al extenderse desde estos lugares hacia regiones vecinas, provocó un cambio profundo, pero gradual, en el status humano sobre el planeta. Antes del nacimiento de la agricultura y de otra actividad íntimamente relacionada con ella, la cría de animales domésticos, el hombre era un habitante de la Tierra raro y que pasaba inadvertido. Como los otros animales, vivía de la generosidad de la naturaleza y se adaptaba a su entorno, que sólo cambiaba en pequeña escala y de modo pasajero con sus esfuerzos para incrementar su provisión de alimentos.

La agricultura transformó al hombre en un tipo de organismo completamente diferente, capaz de someter a otros muchos organismos —plantas y animales—a su voluntad. Sus primeros pasos vacilantes en esta dirección produjeron pasmosos resultados. Nunca más tuvo que adaptarse simplemente al entorno natural; desde ese momento empezó a alterarlo, y de manera notable. La agricultura le dio el poder de alterar el balance de la naturaleza de modo que su propio sistema ecológico pudiera proporcionarle más de lo que necesitaba. Por ejemplo, fomentando el crecimiento de unas, relativamente, pocas plantas alimenticias, como el trigo y la cebada, el agricultor al mismo tiempo eliminaba muchas otras plantas salvajes no comestibles que, de no ser erradicadas de los campos, absorberían la mayor parte de la humedad y muchas sustancias nutritivas del suelo y podrían incluso arruinar por completo los cultivos alimenticios. En muchas áreas alteró también el equilibrio de la vida animal, bien domesticando algunos animales productores de alimento y dirigiendo su evolución, bien dificultando las actividades de otras criaturas que dañaban sus cosechas o diezmaban sus rebaños.

Además, cuando el agricultor consiguió un entorno conveniente a sus necesidades, lo extendió a tierras donde no podía existir de un modo natural. En regiones de bosque, por ejemplo, taló los árboles para abrir nuevos espacios para las plantas ávidas de luz que él había cultivado; en regiones áridas trazó canales para llevar las aguas vivificantes de los ríos hasta campos en que de otro modo sólo hubieran crecido matorrales. Finalmente, dirigió su actividad

hacia lugares montañosos y, construyendo terrazas que sostuvieran el suelo, los transformó en tierras agrícolas productivas.

El resultado fue la producción de más alimentos dentro de un área dada. Y una vez que el hombre tuvo a mano una mayor provisión de alimentos, el esfuerzo fundamental se centró en la civilización. El ritmo de la vida humana se aceleró. La agricultura activó en gran medida los avances que habían comenzado ya a aparecer entre algunos cazadores-recolectores que habitaban en lugares apropiados: favoreció los establecimientos sedentarios en lugar del nomadismo errante, inspiró el invento de nuevos útiles y técnicas, y estimuló la aparición de artes y oficios. Favoreció un notable incremento de la población, no sólo de familias más numerosas, sino también de sociedades mayores y más complejas, que a su vez fomentaron el comercio y las comunicaciones entre un gran número de personas, y condujeron a la aparición de un sistema de gobierno.

En México existen más de 20000 especies vegetales silvestres y más de 30000 especies animales salvajes, su futuro depende en gran medida del aprecio que como maestros e investigadores logremos que tengan de ellas las nuevas generaciones. La idea errónea de extender la frontera agrícola como símbolo de progreso no debe cundir ante las evidencias que señalan la enorme importancia que la vida silvestre tiene en la dinámica de los ecosistemas así como en la generación de nuevos y mejores recursos.

Después de la Revolución Neolítica, como llaman los antropólogos al desarrollo de la agricultura, el hombre dejó de ser una rareza insignificante. Provisto de nuevas habilidades y poder, no se convirtió simplemente en el animal dominante de la Tierra, sino en la forma de vida dominante del planeta, aspecto que no debemos olvidar para tratar de ser más humildes al transformar a la naturaleza de tal forma que como parte de ella continuemos existiendo en este inmenso ecosistema al que a veces simplemente le llamamos Tierra.

---

#### BIBLIOGRAFÍA

Alcorn, B. J. 1989. **Ámbito y objetivos de la Etnobotánica en un mundo en desarrollo**. Universidad Autónoma Chapingo. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica, Serie: Ámbito de la Etnobotánica. N° 15. Chapingo, 56230, Estado de México, México.

Anderson, E. 1942. "Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification". In: **Annals of the Missouri Botanical Garden** 21:69-88.

Ángeles A., H. 1958. **Herencia de la longitud de la mazorca en maíz**. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México

\_\_\_\_\_. 2000. "Mejoramiento genético del maíz en México: El INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor, el INIFAP". In: **Agricultura Técnica en México** 26 (1): 31 - 48.

Bailey, L.H. 1892. "A new maize and its behavior under cultivation". In: **Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull.** 49:333-338.

\_\_\_\_\_. 1907. "Teosinte". In: **Cyclopedia of American Agriculture** II:638-639.

Baker, H.G. 1972. "Human influence on plant evolution". In: **Economic Botany** 26(1):32-46.

Barghoorn, E.; M.K. Wolfe y K.H. Cisby. 1954. "Fossil maize from the Valley of Mexico". In: **Bot. Mus. Leaflet**. 16:229-240.

- Beadle, G.W. 1932. "Studies of *Euchlaena* and its hybrids with *Zea* I. Chromosome behavior in *E. mexicana* and its hybrids with *Zea mays*". *In* : **Zeitschr. Abst. Vererb.** 62:291-304.
- Bellon, R. M. y S. B. Brush. 1994. "Keepers of Maize in Chiapas, México". *In*: **Economic Botany** 48(2):196-209.
- Benz, Bruce F. 1985. "Maize in Paleoenvironmental Reconstruction: A Cautionary Note". *In*: **Plains Anthropologist**. 30:145-146.
- \_\_\_\_\_. 1986. **Taxonomy and Evolution of Mexican Maize**. Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Blumenschein, A. 1973. "Chromosome Knob Patterns in Latin American Maize". *In*: **Genes, Enzymes, and Populations**. Adrian M. Srb (ed.): 271-277. Plenum Press, New York.
- Canales S., M. A. de y S. Miranda C. 1984. "Algunos cambios ocurridos en el maíz (*Zea mays* L.) bajo domesticación". *In*: **Agrociencia** 58:165-176.
- Carballo C., A. 2001. **Estabilidad y tipos de acción génica del rendimiento de grano de maíz y de sus componentes**. Colegio de Postgraduados, IREGEP. Montecillo, México.
- Casas D., E.; W. D. Hanson y E. J. Wellhausen. 1968. **Genetic relationships among collections representing three Mexican races composites of *Zea mays***. *In*: **Genetics**.
- Castillo G., F. 1987. **Agronomic evaluation of Latin American maize populations**. Ph. D. Thesis. University of North Carolina, Raleigh, N. C., USA.
- Cervantes S., T. 1978. **Efectos genéticos y de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz**. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Chávez, E. 1913. **El cultivo del maíz**. Boletín 74. Secretaría de Fomento, Dirección General de Agricultura, Estación Agrícola Central, México
- Cuevas S., J.A. 1991. **Definición, aprovechamiento y conservación de recursos fitogenéticos en una comunidad indígena totonaca**. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica, Chapingo, México.
- Cutler, H. C. 1951. "The geographic origin of maize". *In*: **Chronica Botanica** 12(4/6):167-169.
- Cutler, H. C. and M. C. Cutler. 1948. "Studies on the structure of the maize plant". *In*: **Ann. Missouri Bot. Gard.** 35:301-316.
- Doebley, J. F. y H. H. Iltis. 1980. "Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I: "A Subgeneric Classification with Key to Taxa". *In*: **American Journal of Botany** 67(6):982-993.
- Doebley, J. F. 1983. "The Maize and Teosinte Male Inflorescence: A Numerical Taxonomic Study". *In*: **Annals of the Missouri Botanical Garden** 70 (1):32-70.
- Doebley, J. F.; M. M. Goodman y C.W. Stuber. 1984. "Isoenzymatic variation in *Zea* (Gramineae)". *In*: **Systematic Botany** 9:203-218.
- Doebley, J., A. Stec, J. Wendel and M. Edwards. 1990. "Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F<sub>2</sub> population: implications for the origin of maize". *In*: **Proc. Natl. Acad. Sci.**, 87: 9888-9892.
- Doebley, J. F., and A. Stec. 1991. "Genetic analysis of the morphological differences between maize and teosinte". *In*: **Genetics** 129: 285-295.



- Doebley, J., A. Stec and C. Gustus, 1995. "Teosinte *branched1* and the origin of maize: evidence for epistasis and the evolution of dominance". *In: Genetics* 141: 333-346.
- Doebley, J., A. Stec and L. Hubbard. 1997. "The evolution of apical dominance in maize". *In: Nature* 386: 485-488.
- Domínguez S., S. 1973. **Influencia de los nudos cromosómicos en el proceso de la fertilización del maíz (*Zea mays* L.)**. Tesis de Ing. Agr. Especialista en Fitotecnia. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Dudley, J. W. 1974. **Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize**. Crop Sciences Society of America, Inc., Madison, Wisconsin and University of Illinois. Department of Agronomy. Urbana, Illinois, USA.
- Dzib A., L.A. 1997. **Diversidad de la milpa tradicional en el sur y centro del estado de Yucatán**. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Centros Regionales Universitarios. Chapingo, México.
- Eubanks, M. 1979. "Ceramic Depictions of Maize: A Basis for Classification of Prehistoric Races". *In: American Antiquity* 44(4):757-774.
- \_\_\_\_\_. 2001. "The mysterious origin of maize". *In: Economic Botany* 55(4):492-514.
- Flannery, V. K. (ed.).1986. **Guilá Naquitz. Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, Mexico**. Academic Press. Inc. 533 pp.
- Ford, R.I. (ed.) 1985. **Prehistoric food production in North America**. *In: Anthropological papers / Museum of Anthropology, University of Michigan, USA*. 411 pp.
- Frankel, O.H. 1959. "Variation under domestication". *In: Australian Journal of Science* 22:27-32
- Galinat, W. C. 1956. "Evolution leading to the formation of the cupulate fruit case in the American *Maydeae*". *In: Botanical Museum Leaflets*. Harvard University 17:217-239.
- Gil Muñoz, Abel. 1995. **Definición del patrón varietal de maíz en la región sureste de la Sierra Purépecha**. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. IREGEP. Especialidad de Postgrado en Genética. Montecillo, México.
- \_\_\_\_\_. 1998. **Characterization of the apical ear mutant of maize: preliminary steps toward an ideotype**. Ph. D. Thesis. Iowa State University. Ames, Iowa. USA.
- Goodman, M. M. 1962. **A study of the genetic variability in divergent and closely interbred populations of maize**. Thesis (M. Sc.) Genetics. North Carolina State College. Raleigh, NC. USA.
- Grobman, A. 1974. "Conceptos actuales sobre la evolución del maíz". *In: Información del maíz Nº 3*. Universidad Nacional Agraria. La Molina, Perú.
- Guzmán M., R. 1978. "Una nueva localidad para el teosinte *Zea perennis* y primer reporte de *Zea mexicana* para Jalisco". *In: Bol. Inform. Inst. Bot. Univ. Guadalajara* 6:9-10
- \_\_\_\_\_. 1982. **El teosinte en Jalisco: su distribución y ecología**. Tesis profesional. Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, México
- Hallauer, A. R. (ed.).1994. **Specialty Corns**. CRC Press. Department of Agronomy. Iowa State University. Ames, Iowa, USA.

- Hallauer, A. R., W. A. Russell, and K. R. Lamkey. 1988. "Corn Breeding". In G. F. Sprague and J. W. Dudley (eds.) **Corn and Corn Improvement**. Agronomy 18:463-564. Am. Soc. of Agron., Madison, WI. (Book Chapter).
- Harlan, J. R. 1965. "The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants". In: **Euphytica** 14:173-176.
- \_\_\_\_\_. 1970. "Evolution of Cultivated Plants". In: Frankel, O.H. y E. Bennet (eds.). **Genetics Resources in Plants. Their Exploitation and Conservation**. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, pp. 19-32.
- \_\_\_\_\_. 1975. **Crops and Man**. Foundations for Modern Crop Science Series. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. U.S.A. 294 pp.
- \_\_\_\_\_. 1976. "The Plants and Animals that Nourish Man". In: **Scientific American** 235(3):88-97.
- Harshberger, J. W. 1893. **Maize, a botanical and economic study**. University of Pennsylvania Press. Philadelphia, USA.
- Hernández C., J. M. 1986. **Estudio de caracteres químicos del grano de las razas mexicanas de maíz y clasificación racial**. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
- Hernández X., E. 1965. **Graneros para maíz en México a través de los siglos**. Folleto de divulgación No. 3. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 1971a. **Exploración etnobotánica y su metodología**. Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 1971 b. "Causas de la diversificación de maíz en la Meseta Tarasca, Michoacán, México". In: IV Congreso Mexicano de Fitogenética. SOMEFI, Los Belenes, Zapopan, Jalisco, México.
- \_\_\_\_\_. 1972. "Exploración etnobotánica en maíz". In: **Fitotecnia Latinoamericana**. 8(2):46-51.
- \_\_\_\_\_. 1973 a. "Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo". In: **Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo**. Escuela nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pp: 149-156.
- \_\_\_\_\_. 1973 b. "Genetic resources of primitive varieties of Mesoamerica. *Zea spp.*, *Phaseolus spp.*, *Capsicum spp.* and *Cucurbita spp.*". In: Frankel O. H. (ed.) **Survey of Crop Genetic Resources in Their Centers of Diversity**. First Report, AGP:COR/73/7/FAO-OBP, pp. 76-115.
- \_\_\_\_\_. 1985. "Maize and Man in the Greater Southwest". In: **Economic Botany** 39:416-430.
- \_\_\_\_\_. 1988. "Experiences in the Collection of Maize Germplasm". In: Russell N. y G. M. Listman (ed.). **Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop**. CIMMYT. El Batán, Edo., de Mex., México. pp. 1-7
- \_\_\_\_\_. 1998. "Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal". In: T. P. Ramamoorthy *et al.* **Diversidad Biológica de México**. Instituto de Biología. UNAM. 715-735.
- Hernández X., E. y G. Alanís F. 1970. "Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas". In: **Agrociencia** 5:3-30.

- Hitchcock, A.S. 1992. "A perennial species of teosinte". *In: J. Wash. Acad. Sci.* 12:205-208.
- Hope, M.E. y L. Pereyra 1982. **Nuestro maíz: treinta monografías populares**. Museo Nacional de Culturas Populares. Consejo Nacional de Fomento Educativo. Secretaría de Educación Pública. Tomo I: 326 pp. Tomo II: 302 pp.
- Ittis, H. H. 1970. "The maize mystique: a reappraisal of the origin of corn". Lecture presented at Iowa State University. Dec 18-1970. Photoprint. Ames, Iowa, USA.
- Ittis, H. H. and J. F. Doebley. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *In: American Journal of Botany* 67:994-1004.
- Jugenheimer, R.W. 1976. **Corn: Improvement, seed production and uses**. J. Wiley, New York, USA.
- Kato Y., A.T. 1976. "Cytological Studies of Maize (*Zea mays* L.) and Teosinte (*Zea mexicana* Schrader Kuntze) in Relation to Their Origin and Evolution". *In: Bulletin 635, Agricultural Experiment Station*, University of Massachusetts, Amherst. USA.
- \_\_\_\_\_. 1984. "Chromosome morphology and the origin of maize and its races". *In: M. K. Hecht, B. Wallace and G.T. Prance (eds.). In: Evolutionary Biology* 17:219-254.
- Kato Y., A.T. y A. Blumenschein. 1987. "Complejos de nudos cromosómicos en los maíces de América". *In: Fitotecnia Latinoamericana* 4(2):13-24.
- Kato Y., A. T. 1988. "Cytological Classification of Maize Race Populations and its Potential Use". *In: Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop*, pp. 106-117. CIMMYT, El Batán, México.
- Kato Y., A. T. and J.J. Sánchez G. 2002. "Introgression of chromosome knobs from *Zea diploperennis* into maize". *In: Maydica* 47:33-50.
- López H., A. 1975. **Fechas de siembra en Valles Altos para comprobar la relación de la coloración del grano de maíz con la precocidad y la producción**. Tesis Ing. Agr. Especialista en Fitotecnia. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- López R., J. de J. 1997. **Divergent mass selection for ear length in the Iowa Long Ear Synthetic maize cultivar after twenty-seven cycles of selection**. Ph. D. Thesis. Iowa State University. Ames, Iowa, USA:
- Lorenzo, J. L. y L. González .1970. "El más antiguo teosinte". *In: Boletín del Instituto Nacional de Antropología e Historia* 42. D.F. México.
- Mac Neish, R. S. 1955. "Ancient maize and Mexico". *In: Archaeology* 8: 108-115.
- \_\_\_\_\_. 1967. "A summary of subsistence". *In: D. S. Byers (ed.) The Prehistory of the Tehuacan Valley*. Vol 1. **Environment and Subsistence**. Pp. 290-309. University of Texas Press, Austin, Texas, USA.
- Mangelsdorf, P.C. 1948. "The role of pod corn in the origin and evolution of maize". *In: Ann. Mo. Bot. Gard.* 35:377-398.
- \_\_\_\_\_. 1960. **Reconstructing the ancestor of corn**. Smithsonian Report for 1959:495-507. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- Mangelsdorf, P.C. and R. G. Reeves. 1939. **The origin of Indian corn and its relatives**. Texas Agricultural Experiment Station Bulletin N° 574. USA.

- Mangelsdorf, P. C. and C. E. Smith. Jr. 1949 a. "New Archaeological evidence on the evolution of maize". *In: Botanical Museum Leaflets* 13:213-253. Harvard University. USA.
- \_\_\_\_\_. 1949 b. "A discovery of remains of primitive maize from New Mexico". *In: Journal of Heredity* 40:39-43.
- Mangelsdorf, P.C., R. S. MacNeish and W. C. Galinat. 1956. "Archeological evidence on the diffusion and evolution of maize in northeastern Mexico". *In: Botanical Museum Leaflets* 17:125-150. Harvard University. USA.
- \_\_\_\_\_. 1959. "The origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression". *In: Bot. Mus. Leafl. Harvard Univ.* 18 (9):389-411. Cambridge, Mass.
- Mangelsdorf, P. C.; R. S. MacNeish and W. C. Galinat. 1964. "Domestication of corn". *In: Science* 143:538-545.
- \_\_\_\_\_. 1967 a. "Prehistoric wild and cultivated maize". *In: D. Byers (ed.) The Prehistory of the Tehuacan Valley*. Vol. 1. University of Texas, Press., Austin, Texas. USA.
- \_\_\_\_\_. 1967 b. "Prehistoric maize, teosinte and *Tripsacum* from Tamaulipas, Mexico". *In: Botanical Museum Leaflets* 22:33-51. Harvard University, USA.
- Mangelsdorf, P. C.; H. Dick and J. Cámara Hernández. 1967 c. "Bat Cave revisited". *In: Botanical Museum Leaflets* 22:1-31. Harvard University, USA.
- Márquez S., F. 1969. **Influence of half-sib family size on the estimation of genetic variance in maize**. Thesis (Doctor of Philosophy). Iowa State University. Department of Agronomy. Ames, Iowa, USA.
- \_\_\_\_\_. 1977. **Orientación socioeconómica de fitomejoramiento: proposición para el maíz**. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 2000. **Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos**. UACH. Dirección General de Difusión Cultural. Chapingo, México.
- Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University.
- McClintock, B. 1929. "Chromosome morphology in *Zea mays*". *In: Science* 69:629.
- McClintock, B.; T. A. Kato Y. y A. Blumenschein. 1981. **Chromosome constitution of races of maize. Its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas**. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Medina, J. A. 1980. **Influencia de algunos factores psicosociales, económicos y tecnológicos que intervienen en el proceso de adopción de tecnología de maíz en una zona de Tlaxcala, México**. Colegio de Postgraduados. Divulgación Agrícola. Chapingo, Méx.
- Mirambell, L., 1974. "La etapa lítica". *In: Salvat (Ed.). Historia de México*. Volumen 1(3 y 4):55-76.
- Miranda C., S. 1966. "Discusión sobre el origen y la evolución del maíz". *In: Memorias del Segundo Congreso Nacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Monterrey, N.L. México, pp. 233-252.
- \_\_\_\_\_. 1977. "Evolución de cuatro caracteres del maíz". *In: Agrociencia* 28: 73-88. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- \_\_\_\_\_. 1990. **Conocimiento en la época prehispánica sobre la rotación de la Tierra**. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México.
- \_\_\_\_\_. 1996 a. "La Agroastronomía". *In: Lecturas en Etnobotánica*. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie Agroastronomía, Publicación No. 1. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 1996 b. "Un Calendario de ocho mil años de antigüedad en México". **Memorias del II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Una contribución al desarrollo agrícola integral**. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México 1 – 8 pp.
- \_\_\_\_\_. 1996 c. "Evolución de las hileras por mazorca en el maíz". *In: Sociedad Mexicana de Fitogenética. Memorias (Notas Científicas) del XVI Congreso de Fitogenética*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México p. 190.
- \_\_\_\_\_. 1998 "El calendario de Huapalcalco, Hidalgo". *In: Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas Científicas, SOMEFI*. Chapingo, Mex. Pp. 353.
- \_\_\_\_\_. 2000. "Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica". *In: Agricultura Técnica en México* 26(1): 3-15.
- Muñoz O., A. 1964. **Observaciones de la transpiración y de apertura estomatal en tres líneas de maíz sometidas a sequía**. Tesis (Ing. Agr. Esp., en Fitotecnia). Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 1972. **Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz**. Tesis de Maestro en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Rama de Genética, Chapingo, México.
- \_\_\_\_\_. 1975. **Relaciones agua-planta bajo sequía en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas**. Tesis de Doctor en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Rama de Genética.
- Muñoz-Orozco, A. and J. L. Rodríguez-Ontiveros. 1988. "Models to evaluate drought resistance". *In: Unger, P. W. (Ed.) Challenges in Dryland Agriculture. A Global Perspective. Proceedings of the International Conference on Dryland Farming, Aug.15-19, 1988, Amarillo and Bushland, TX. Texas Agricultural Experiment Station, Bushland.*
- Muñoz O. A.; A. Santacruz V.; J. I. Olvera H.; O. Taboada G. y J. A. Cuevas S. 2001. **Diversidad del maíz en los nichos ecológicos y culturales de México**. Universidad Autónoma Chapingo. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie: Agroecosistemas. Número: 5
- Nault, L.R. and W.R. Findley. 1981. "*Zea diploperennis* a primitive relative offers new traits to improve corn". *In: Ohio Report on Research and Development in Agriculture*. Home Economics and Natural Resources 66(6):90-92.
- Palacios de la Rosa, G. 1964. **Mejoramiento de maíz en México**. Tesis de Ing. Agrónomo especialista en Fitotecnia. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Perales R., H.; S. B. Brush and C. O. Qualset. 2003 a. "Landraces of Maize in Central Mexico: An Altitudinal Transect". *In: Economic Botany* 57(1):7-20.
- \_\_\_\_\_. 2003 b. "Dynamic Management of Maize Landraces in Central Mexico". *In: Economic Botany* 57(1):21-34.
- Pérez S., T. 1997. "El dios del maíz en Mesoamérica" *In: Arqueología Mexicana* V(25):44-55.

- Ramírez V., E. 1988. **Caracterización de la colección de teocintle mexicano, anual y perenne *Zea spp* (Iltis & Doebley)**. Tesis profesional, Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara, México. 135 pp.
- Ramos R., A. 1972. **Variación morfológica de los maíces de la parte oriental del estado de Puebla y de la Central del estado de México**. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Randolph, L. F. 1936. "Chromosome numbers in *Zea mays* L.". **Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem.** 117:1-44.
- Randolph, L. F. and E. Hernández X. 1947. "The discovery of a diploid *Tripsacum* in Mexico". *In: Am. Jour. Bot.* 34:588 (Abst.).
- Rangel M., E. 2002. **Variabilidad genética en calidad de tortilla, de maíces criollos de la comunidad indígena de Ecatlán, Puebla**. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. IREGEP. Programa de Genética. Montecillo, México.
- Reeves, R. G. 1944. "Chromosome knobs in relation to the origin of maize". *In: Genetics* 29:141-147.
- Rojas R., T. 1987. "La agricultura en Mesoamérica: un logro cultural". *In: México Indígena* 16:22-25.
- \_\_\_\_\_. 1988. **Las siembras de ayer. La agricultura indígena del siglo XVI**. Coedición: Secretaría de Educación Pública / Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México. 242 pp.
- \_\_\_\_\_. 1997. "De las muchas maneras de cultivar el maíz". *In: Arqueología Mexicana* V(25):24-33.
- Rojas R., T. y W.T. Sanders. (eds.). 1985. **Historia de la agricultura. Época prehispánica-siglo XVI**. Colección Biblioteca del INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Tomo I; 266 pp. y Tomo II; 266 pp.
- Sánchez G., J. J. y L. Ordaz S. 1987. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools: 2. **El teocintle en México. Distribución y situación actual de las poblaciones**. International Board for Plant Genetic Resources, 50 pp. Rome, Italy.
- Sánchez G., J. J. 1989. **Relationships among the Mexican races of maize**. Ph. D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh, NC. USA.
- Sánchez G., J. J. y A. Ruiz C. 1996. Distribución del teocintle en México. *In: J.A. Serratos, MC. Wilcox y F. Castillo* (eds.). **Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico**. Pp. 20-38. CIMMYT, El Batán, Estado de México, México.
- Sánchez G., J. J.; T. A. Kato Y.; M. Aguilar S.; J.M. Hernández C; A. López R. y J. A. Ruiz C. 1998. **Distribución y Caracterización del Teocintle**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Colegio de Postgraduados. CIRPC, Guadalajara, Jalisco, México.
- Sánchez S, C. 1963. **Algunas diferencias morfológicas en los entrenudos del maíz "Latente" y maíces susceptibles sometidos a sequía**. Tesis. Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Santacruz Varela A. 2001. **Genetic diversity of North American popcorn and its relationship with Mexican and South American popcorns**. Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames, Iowa. USA.
- Sprague, G. F. y J.W. Dudley (eds.) 1988. **Corn and Corn Improvement**. 3rd ed. Agronomy Monographs 18, American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisc.

- Sturtevant, E. L. 1884. **Maize: an attempt at classification**. Democrat and Chronicle Print, Rochester, NY, USA.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1981. **Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano en maíz**. Traducción de Josué Kohashi Shibata. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica, Chapingo, México.
- Vázquez Carrillo, M. G. 1998. **Estudio de proteínas en maíz (*Zea mays* L.) y su relación con características del grano y la calidad de tortilla**. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Postgrado en Botánica. Montecillo, Estado de México, México.
- Warman, A. 1988. **La historia de un bastardo: maíz y capitalismo**. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Weatherwax, P. 1916. "Morphology of the flowers of *Zea mays*". *In: Bull. Torrey Club* 43:127-144.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández, X. E., en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. **Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución**. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. SAG. México, D. F.
- White, J. P. and L. A. Johnson (eds.). 2003. **Corn: Chemistry and Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists.
- Whiting, A. F. 1944. "The origin of corn". *In: Am. Anthro.* 46:500-515.
- Wilkes, H.G. 1967. **Teosinte: The Closest Relative of Maize**. Ph. D. Thesis. The Bussey Institution of Harvard University. 159 pp.
- 

JACS Chapingo, 56230  
México, 2005