



TRACCIÓN ANIMAL  
ANIMAL TRACTION

REVISIÓN

## Situación actual del empleo de la tracción animal en los Valles Centrales de Oaxaca, México: Análisis crítico

*Current status of the animal traction use in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico: A critical analysis*

Fidel Diego Nava<sup>1</sup>, Miguel Herrera Suárez<sup>2</sup>, Armando Eloy García de La Figal y Costales<sup>3</sup>, Jaime Ruiz Vega<sup>4</sup>

**RESUMEN.** Los Valles Centrales de Oaxaca, México son una de las zonas más densamente pobladas del estado, la mayor parte del alimento que se consume proviene de la “milpa”, un sistema de producción basado en la explotación de pequeñas extensiones de hasta 1,88 ha y en el empleo de la tracción animal como principal fuente energética para la labranza de suelos. Dada la importancia de esta problemática se desarrolló el presente trabajo que tiene como objetivo analizar críticamente la situación actual del empleo de la tracción animal en los Valles Centrales de Oaxaca, México. Para complementar dicho objetivo inicialmente se caracterizó la situación agroproductiva en estas zonas y se analizó la tecnología de labranza empleada en la misma. Finalmente se esclarece la situación actual del empleo de la tracción animal en la labranza de estas zonas, particularizando la problemática del uso de los tradicionales arados de madera y de metal. Los resultados muestran al sistema de producción milpa, como un sistema de bajos insumos basado en la asociación de cultivos y empleo de la tracción animal como la alternativa viable para la labranza de suelos, desde el punto de vista tecnológico y económico. Se evidenció la necesidad de sustituir el arado de madera por uno metálico que se adapte a las condiciones de trabajo y exigencia de los cultivos de la milpa, que permita además el intercambio de herramientas de labranza y conserve las buenas características del arado tradicional mexicano en cuanto a maniobrabilidad, peso y versatilidad.

**Palabras clave:** arado, arado de palo, labranza, suelo.

**ABSTRACT.** Central Valleys of Oaxaca, Mexico is among most densely populated state zones and most food consumed comes from the “milpa”, a production system based on the exploitation of small extensions of up to 1,88 ha and the use of animal traction as a primary energy source for soil tillage. Given the importance of this problem it is developed this work for analyzing critically the current status of the use of animal traction in the Oaxaca Central Valleys. For completing this objective it was initially characterized the situation of crop production in this zone and analyzed tillage technology used in it. Finally it becomes clear the current employment situation of animal traction in the cultivation of these areas, specifying the problems of using wooden ards and metal ploughs. The results show the milpa production system, as a system of low-input based on crop association and in the employment of animal traction as a viable alternative to soil tillage, from the standpoint of technological and economic. It evidenced the need of replace the wooden plows by metal plows to fit the conditions and requirements of the milpa crop, which also enables the exchange of tools and keep the good features of traditional Mexican ard in terms of manageability, weight and versatility.

**Keywords:** plough, wooden ard, tillage, soil.

### INTRODUCCIÓN

La milpa es un sistema de explotación agrícola muy antiguo en México y nació al mismo tiempo que la domesticación del

maíz cuyo cultivo desde el principio fue asociado con otras plantas comestibles (Piperno *et al.*, 2007). Con el paso de los años, el cultivo del maíz asociado con leguminosas, tubérculos

**Recibido** 15/11/11, **aprobado** 12/12/12, **trabajo** 13/13, **revisión**.

<sup>1</sup> M.C., Profesor, CIIDIR Oaxaca IPN, Xoxocotlán, Oax., México, E-✉: [fdiego@ipn.mx](mailto:fdiego@ipn.mx)

<sup>2</sup> Dr.C., Profesor Titular, Depto. de Ingeniería Agrícola, Universidad Central de Las Villas, VC., Cuba.

<sup>3</sup> Dr.C., Profesor titular, Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque, Cuba.

<sup>4</sup> Dr.C., Profesor, CIIDIR Oaxaca IPN, Xoxocotlán, Oax., México.

y hortalizas se difundió por toda Mesoamérica con variantes tanto en la tecnología como en los tipos de cultivos asociados de acuerdo a las características propias de cada zona geográfica (Warrick, 2000; Rodríguez y Pagán, 2006). Actualmente esta forma de cultivo no ha perdido vigencia y es ampliamente utilizada en las parcelas pequeñas del sur y centro de México, donde la producción del maíz en asociación hacen más rentable este tipo de producción en comparación con las grandes, además se aprovechan varias plantas silvestres o malezas que crecen entre el maíz y sus cultivos asociados en la alimentación humana y de los animales domésticos, además como plantas medicinales (Zumárraga, 1935; Blanckaert *et al.*, 2007) En esta forma de cultivo cada planta asociada aporta nutrientes distintos que sumados dan como resultado un suelo más fértil (Inal *et al.*, 2007; Makumba *et al.*, 2007). Por otra parte la diversidad genética sirve como barrera natural a las distintas plagas y enfermedades de las plantas, y adicionalmente potencia la polinización (Hajjar *et al.*, 2008).

La tracción animal está muy difundida en la agricultura mexicana, alcanzando un 32,1% de utilización de la superficie cultivada (Cruz *et al.*, 2000). Oaxaca es uno de los estados mexicanos con mayor consumo per cápita de maíz, constituyendo el quinto estado más grande en la República Mexicana. En las condiciones de la milpa solamente se emplean los tractores como fuente energética en la labor de roturación del suelo, en el resto se recurre a los animales de tiro y la fuerza del hombre, utilizando arados de madera para el trabajo con la tracción animal, alcanzando estos un alto grado de aceptación pues pueden ser fabricados localmente a un bajo costo además de ser los únicos disponibles en el mercado regional (Stresser, 1988).

Actualmente no se fabrican arados metálicos de tracción animal en México y los que quedan han sido reparados y modificados de tal manera que ya no cumplen con las especificaciones originales, por lo que su desempeño es muy deficiente. Estos tienen mayor vida útil que los arados de madera pero son más pesados, lo cual repercute en el cansancio excesivo del labrador y de los animales de tiro. Otro problema que presentan son su elevado costo e inestabilidad durante el trabajo, además no existe la posibilidad de cambiar las herramientas de labranza de acuerdo a la labor específica que se realice, lo cual resulta en detrimento de la calidad del trabajo y la eficiencia del sistema compuesto por el conjunto animal-apero.

Por otra parte, ambos arados compactan el suelo y tienen problemas severos de desgaste que inciden negativamente tanto en la calidad del trabajo realizado como en la durabilidad del apero, además en el aumento de la demanda tractiva.

En el ámbito internacional se han desarrollado varias investigaciones con el objetivo de mejorar los parámetros de diseño y la durabilidad de los aperos de tracción animal que tradicionalmente se emplean en la labranza de suelos (Gebresenbet *et al.*, 1997; Singh, 1999; Shrivastava y Datta, 2001; Sims, 2002; Gebregziabher *et al.*, 2006; Gebregziabher *et al.*, 2007), pero han sido diseñados en función de condiciones específicas de suelos, geometría de la herramienta de labranza, y variedades vegetales muy diferentes a las encontradas en las milpas mexicanas, y en particular a las de Oaxaca. De acuerdo

a los estudios realizados por diferentes investigadores (Raper, 2005; Manuwa y Afolabi, 2007), un determinado tipo de herramienta de labranza no siempre se adecua para el trabajo en las disímiles condiciones y tipos de suelos, dependiendo la calidad de su labor y consumo energético de las condiciones físicas del suelo y las características constructivas del apero.

Está problemática está presente en las tecnologías de labranzas empleadas bajo el sistema de la milpa en los Valles Centrales de Oaxaca, pues se han tratado de introducir aperos y minitractores cuyos diseños fueron desarrollados para el trabajo en condiciones muy diferentes a las de estas zonas y como resultado han traído el rechazo por parte de los productores (Avelaño *et al.*, 1999), además del deterioro de las cualidades físicas del suelo, y el encarecimiento de las operaciones de labranza (Ramírez *et al.*, 2007; Negrete *et al.*, 2012), por lo que prefieren seguir usando el arado de madera. Por otra parte, el campesino prefiere este arado pues es de menor peso, se hace más maniobrable, y se puede emplear en varias operaciones comprendidas dentro de labranza y acondicionamiento del suelo como el surcado; deshierbe; y el aporqu. No obstante el arado tradicional mexicano (de palo) presenta varios problemas que conspiran contra la calidad de la labor y los costos de las operaciones de labranza, pues poseen una baja durabilidad que obliga a los productores a renovar su órgano de trabajo y el pértigo frecuentemente; cuando es empleado en las labores de desterronamiento no se logra alcanzar el tamaño de partícula requerido para el desarrollo de los cultivos tradicionales de la milpa dadas las características de su órgano de trabajo; durante el aporque se necesita realizar dos pases por surco para poder aproximar la cantidad de suelo necesario a la planta atentando contra la productividad y el rendimiento del boyero y los animales; el embotamiento del órgano de trabajo conlleva a constantes paradas y pérdidas de tiempo para su limpieza.

Tomando en cuenta estos aspectos se decide realizar el presente artículo que tiene como objetivo analizar críticamente la situación actual del empleo de la tracción animal en la milpa de los Valles Centrales de Oaxaca, México.

## Sistema de producción agrícola de los Valles Centrales de Oaxaca

El Estado de Oaxaca cuenta con una gran diversidad en suelos, climas y vegetación, las cuales ofrecen grandes ventajas en cuanto al desarrollo de cultivos tanto cíclicos como perennes. Su agricultura se caracteriza básicamente, por el desarrollo de un esquema de economía campesina con unidades de producción de auto abasto, ya que de esa actividad dependen más del 50% de la población rural. A la producción agrícola se dedica una superficie de 1 365 137 ha equivalentes al 14,6% de la superficie estatal, de las cuales 698 217 ha se destinan a cultivos anuales y de estas 595 211 ha corresponden al cultivo de maíz, del cual se siembran 560 106 ha bajo condiciones de temporal y asociados con otros cultivos (INEGI, 2012). Dada esta situación, Oaxaca es considerada una región prioritaria como estado para el desarrollo agrícola, teniendo el quinto lugar a nivel estatal por su gran diversidad agrícola.

La producción agrícola en los Valles Centrales de Oaxaca se presenta de manera compleja y con una gama de expresiones particulares, identificando varios procesos de trabajo, que se agrupan considerando los siguientes criterios: grado de intensidad de uso del suelo, tiempo que se deja en barbecho, y el tipo de trabajo utilizado en la preparación del terreno para establecer un cultivo o plantación (Aguilera, 2005).

En la región de los Valles Centrales predomina el sistema

de explotación agrícola denominado milpa donde se practica la siembra de maíz asociado con otros cultivos, bajo el principio de no exterminar las malezas puesto que muchas de ellas son utilizadas para la alimentación humana o animal, además como medicina (Crocker *et al.*, 2004; Blanckaert *et al.*, 2007). Dentro de los cultivos cíclicos el maíz y el frijol son los que ocupan mayor área de siembra, en la mayoría de los casos asociado a cultivos como la calabaza, (Figura 1).

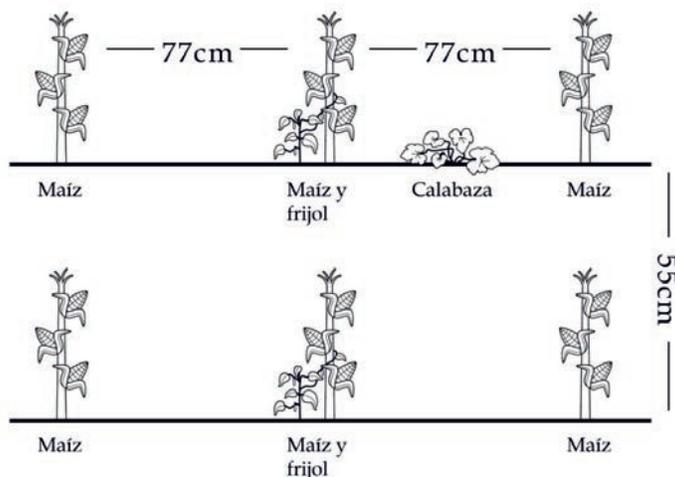


FIGURA 1. Milpa de maíz, frijol y calabaza.

La característica principal de este sistema es la adecuación a las condiciones locales de clima, suelo y cultivos sin forzar y agotar al agroecosistema. Otras características son la reducida utilización de energía irrenovable y la utilización intensiva del terreno durante todo el año para la producción agrícola. Incluye además las actividades de cultivo y cría de animales como un todo integrado de producción (Vázquez-García *et al.*, 2004; Barrera *et al.*, 2006). De acuerdo a estudios realizados anteriormente por Castillo, (1990), la mayoría de las parcelas de esta región tienen un tamaño que va de 0,66 a 1,88 ha.

Los principales suelos de los Valles Centrales son: Regosoles (45%); Litosoles (30%); y Feozem (10%). Los otros tipos de suelos existentes son los Luvisoles (5%), Cambisoles (6%) y Vertisoles (4%), pero son considerados de menor importancia acorde al por ciento del área total que ocupan. La capa arable de estos suelos varía de 17 a 27 cm y bajo esta profundidad existe un piso de arado cuyo valor va de 22 a 63 cm.

El sistema de producción de la milpa comprende el uso de tecnologías mixtas para la labranza de suelos las cuales acuden al empleo del tractor y la tracción animal como fuentes energéticas, siendo esta tecnología la que brinda los mejores dividendos económicos a los campesinos (Cruz *et al.*, 2004). El tractor se emplea únicamente en las operaciones de labranza primaria, sin embargo la tracción animal se está presente tanto en la labranza primaria como secundaria, además en las labores de cultivo, dependiendo del sistema que se emplee.

### Tecnologías de labranza de las milpas de Oaxaca

De acuerdo a los estudios realizados por Diego *et al.* (2009), la mayoría de los campesinos siguen el método de labranza tra-

dicional comprendiendo las siguientes operaciones: roturación; desterronado; surcado; siembra; deshierbe, aporque; y cosecha.

**Roturación.** Se realiza a principio de enero con el objetivo de romper las capas compactas del suelo, eliminar las hierbas, y tener preparado el suelo para la llegada de las primeras lluvias (Figura 2). Esta operación tradicionalmente se realiza con tractores que forman agregados con arados de discos, a una velocidad de trabajo promedio que fluctúa alrededor de los 2,0 m/s.



FIGURA 2. Roturación con tractor.

**Desterronamiento.** Esta actividad se realiza después de la primera lluvia cuando la hierba no ha brotado o es insignificante su brotación, y la resistencia del suelo ha disminuido por efecto del humedecimiento. En esta labor el campesino utiliza una yunta de bueyes y arado de madera (Figura 3a). Por lo general pasan el arado dos veces sobre el terreno realizando un surcado primario con el objetivo de fragmentar los terrones que se forman durante la roturación, eliminando hierbas y mezclando los residuos de la cosecha anterior con el suelo. La velocidad de la

yunta oscila alrededor de 0,47 m/s. La profundidad promedio de labor es de 0,22 m.

**Surcado.** Se trazan los surcos en cuyo fondo serán sembradas las semillas. Se contribuye además a eliminar las malezas que surgen después de las primeras lluvias, y se realiza con yunta (Figura 3b). Esta actividad se realiza una vez que ha llo-

vido o tiene seguro el riego por aniego. La velocidad promedio en esta labor es de 0,65 m/s.

La distancia entre surcos varía en función del marco de plantación del cultivo a establecer, regulándose por la distancia entre balonas del yugo. La distancia entre surcos promedio es de 47 cm con una variación de 11 cm.



FIGURA 3. Labranza con arado de madera. a) Primer desterronamiento; b) Surcado.

**Siembra.** Se realiza después del surcado según el estado del terreno (Figura 4). La distancia entre cada semilla de maíz cambia de acuerdo a los criterios del sembrador aunque las más frecuentes concuerdan con las mostradas en la Figura 4.



FIGURA 4. Siembra de maíz.

**Deshierbe.** El primer deshierbe se realiza manual o con la yunta a los 20 días después de la siembra (Figura 5). Cuando la maleza es considerable se pasa la yunta para poder arrancarla pero a poca profundidad para no promover la raíz del cultivo y posteriormente quitarla. Otro propósito es eliminar la cresta de los surcos.



FIGURA 5. Deshierbe. a) Yunta; b) Manual.

**Aporque.** Se realiza comúnmente con yunta debido al crecimiento del cultivo a un mes de sembrado para aproximar el suelo al sistema radical de las plantas para la conservación de la humedad y favorecer la captación de nutrientes. Favorecen además la penetración de las raíces en el suelo y el agarre las plantas (Figura 6). Esta es la última vez que se pasa la yunta por el interior del campo antes de cosechar.



FIGURA 6. Aporque.

**Cosecha.** El campesino se coloca una cesta (pizcador) en la espalda fijada por una correa (mecapal) en la cual se echan las mazorcas recolectadas manualmente (Figura 7). El momento de la cosecha del maíz o pizca varía de acuerdo a las costumbres de los diferentes pueblos de los Valles Centrales de Oaxaca. Un campesino puede cosechar uno o dos surcos al mismo tiempo. La cosecha es vaciada y trasladada del campo en una carreta de bueyes.



FIGURA 7. Cosecha.

Como se puede apreciar el sistema de labranza y producción en la milpa oaxaqueña depende en gran medida del empleo del arado tradicional mexicano, el cual ha sufrido muy pocas variaciones desde su introducción en los primeros años del siglo XVI.

## INTRODUCCIÓN Y DESARROLLO DEL ARADO TRADICIONAL MEXICANO

Según investigaciones históricas realizadas por (Romero, 2006), la introducción del arado en México data de los primeros años del siglo XVI y se debió a la escasez de herramientas de

trabajo existentes en aquella época para la realización de las prácticas agrícolas procedentes de Europa, lo cual obligó a traerlas del Viejo Mundo por instrucción Real en los viajes regreso a México de los Almirantes Cortes y Serrano de Cardona en 1524. En este viaje se introdujeron cinco teleras de hierro (rejas) para arar según consta en el Archivo General de la Nación de México (Zumárraga, 1935).

Según (Cruz *et al.*, 2001), los arados introducidos corresponden a los más antiguos, a los que se les ha llamado egipcios, sin embargo su estructura se corresponde con la de un arado afgano, en México se les llama “de palo” pues están contruidos de maderas regionales salvo la reja (Figura 8).



FIGURA 8. Arado tradicional mexicano (arado de palo).

Por la forma como se une el órgano de trabajo con el timón (cabeza y mancera), y por la disposición del pértigo (timón) y el elemento de fijación del órgano de trabajo y el pértigo, se clasifican en radial, dental y cama, en México se encuentran únicamente los dos primeros (Cruz *et al.*, 2001).

Los arados clasificados como dentales están compuestos de tres piezas independientes: órgano de trabajo (cabeza); elemento de fijación del órgano de trabajo y el pértigo (telera); y timón (mancera), estas dos últimas van empotradas al órgano de trabajo además de sostener al pértigo mediante cuñas. Pueden tener timón largo o corto, y su uso se prefiere en suelos ligeros. Los radiales están compuestos de una sola pieza de madera donde se conforman el órgano de trabajo y el timón. El pértigo se une a estos elementos por medio de una pieza de madera que entra en forma de cuña. Este arado es más robusto que los dentales, por lo que tiene mayor aptitud para el trabajo en suelos pesados.

Los campesinos de los pueblos de los Valles Centrales de Oaxaca emplean casi exclusivamente el arado de madera tirado por yunta del tipo dental (Figura 9), pues los suelos de esta región en su mayoría son considerados ligeros. Las partes principales de este apero son: órgano de trabajo (1), pértigo (2), timón (3), tornillo de unión (4), reja de hierro (5), barredor (6). En algunos casos usan una cuña de madera llamada telera en vez del tornillo de unión.

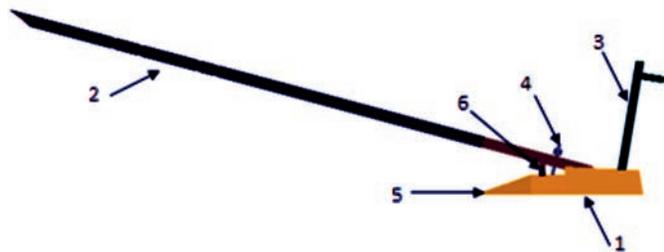


FIGURA 9. Partes del arado tradicional mexicano empleado en la milpa oaxaqueña.

Este arado es fabricado de madera de los árboles disponibles en la región, tales como el Encino, Nogal, Algarrobo, Guamúchil, Cucharita y el Eucalipto. El órgano de trabajo o cabeza es la parte que entra en contacto directo con el suelo y sobre ella va montada la reja o marquesota, que es más que

la cuña metálica que corta el suelo. La cabeza tiene una vida útil de solo seis meses y cuando está muy desgastada la usan para el deshierbe puesto que su ancho de trabajo disminuye y por lo tanto ya no afecta el cultivo, su acción solo afectará a las hierbas que crecen alrededor del surco. El ángulo que se forma entre el órgano de trabajo y el pértigo no es fijo y el campesino lo ajusta de acuerdo al tipo de terreno y la altura de la yunta. El pértigo o barra de tiro tiene tres agujeros que sirven también para regular tanto el ángulo de inclinación del órgano de trabajo como la distancia entre la yunta y el arado. Tiene un costo promedio de 2 800 pesos mexicanos (200 USD), pero debe renovarse cada año el órgano de trabajo y la reja metálica por el desgaste, lo cual asciende a un monto anual por concepto de reposición de 1 450 pesos mexicanos/año (104 USD/año). El pértigo tiene una vida útil más larga aproximadamente de dos años. Este arado básicamente lo que realiza es un surcado con un ancho y profundidad fijo, porque no tiene la posibilidad de regular la profundidad de penetración. Durante el trabajo, los yunteros se detienen frecuentemente para quitar la hierba que se embaza en el órgano de trabajo pues esto crea un esfuerzo adicional sobre la yunta e incide negativamente sobre calidad de la formación del surco, impide además, la acción del arado sobre las hierbas que todavía no han sido arrancadas.

No existe un patrón definido de ángulo de tiro del arado de madera, este varía de 14 a 20° en dependencia de la altura de la yunta, longitud de la barra de tiro y tipo de terreno. El desgaste acelerado del órgano de trabajo dificulta mantener un ancho estable del surco conspirando contra la correcta eliminación de las malezas. La reja de este arado es difícil de afilar dada la escases de herramientas para el afilado en las condiciones de trabajo y la dificultad de su montaje y desmontaje en la cuña de madera, lo que afecta la calidad del trabajo y la penetración del arado (Diego, 2003).

En la mayoría de casos los intentos de modificaciones al arado original no han progresado pues los campesinos han preferido conservar sus buenas características y adaptabilidad para la labranza en las condiciones de los Valles Centrales oaxaqueños, lo cual ha condicionado el rechazo a la introducción y/o generalización de otros arados y fuentes tractivas.

## Análisis de la problemática del empleo de los arados de metal en la milpa mexicana

Según (Arceo, 2012), la introducción de los arados de metal en México se produjo entre 1850 y 1870 de una manera muy paulatina, pues dado su alto costo con respecto a los arados de madera tradicionales los campesinos hicieron cierto rechazo a su utilización.

Dentro de los principales arados de metal que inicialmente se introdujeron en México se destaca el Oliver, el cual se distingue porque da la posibilidad de que la vertedera, reja y talón

se puedan intercambiar pues van fijados a un cuerpo central (Figura 10). De este tipo de arado se fabricaron dos variantes de diferente tamaño (Cruz *et al.*, 2001). También fue introducido el arado Apulco, Nacional o 19 1/2, en el cual los elementos del órgano de trabajo se encuentran fundidos a un solo cuerpo, salvo la reja y el talón. Este tipo de arados presenta una gran variedad de tamaños (Cruz *et al.*, 2001). El arado tipo Matador es otro de los introducidos en esa época, su estructura es completamente metálica y su diseño le permitió una mayor eficiencia en suelos arcillosos (Cruz *et al.*, 2001).

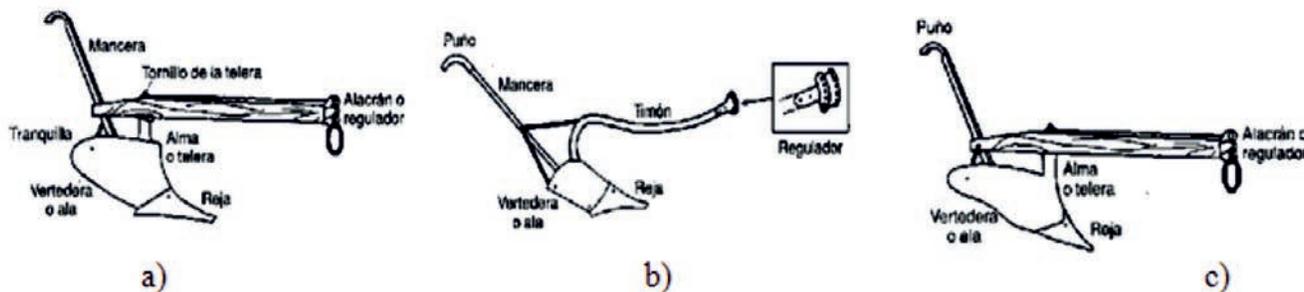


FIGURA 10. Primeros arados de metal introducidos en México. a) Oliver; b) Matador; c) Apulco. (Cruz *et al.*, 2001).

Según (Cruz *et al.*, 2001), estos arados son los de mayor tradición de uso en México, aunque con menor frecuencia se empleó el arado reversible, el de doble vertedera, y el mosco, además de una serie de arados de construcción local en los estados de México, Guanajuato, Michoacán, San Luis Potosí.

Todos estos arados han sido relegados a un segundo plano por los campesinos mexicanos en especial los de las milpas, pues poseían un elevado costo con comparación con los tradicionales arados de madera, además son mucho más pesados y de más difícil maniobrabilidad. Todos estos aspectos conspiraron contra la extensión de este tipo de arados, a lo cual se le suma que actualmente ya no se fabrican ni se importan en México.

En épocas más recientes se han tratado de introducir otras variantes de arados y aperos de labranza como fue el caso del "Programa de ingeniería y mecanización del trópico húmedo de México", en el cual se trató de diseñar y modificar tecnologías prometedoras en base a las necesidades de los campesinos, producto de la presencia en estas zonas de un menor índice de mecanización agrícola y de condiciones difíciles de clima y medio ambiente, situación que se agrava con la falta de equipos para trabajar en las pequeñas superficies de la milpa, lo cual eleva los costos de producción (SARH, 1984). Como resultados final de estas investigaciones se desarrollaron una serie de aperos como la Multibarra, el Yunticultor, y la rastra de discos entre otros, los cuales finalmente no fueron aceptados y no llegaron a desplazar a los arados tradicionales, primando los arraigados criterios sobre el costo de adquisición, la maniobrabilidad, la poca adaptación para la realización de labores específicas en estas zonas y los precios de mantenimiento.

En el presente siglo se han desarrollado varias investigaciones para determinar las principales variables que definen la calidad del trabajo, demanda energética, y la ergonomía

durante el trabajo con los principales aperos de tracción animal empleados en la labranza de suelos en México (Velázquez *et al.*, 2000; Arredondo *et al.*, 2003; Ortiz *et al.*, 2004), obteniéndose como resultados que tanto los arados de vertederas, como los de corte horizontal (Multiarado), descompactan menos el suelo y demandan más potencia que los arados tradicionales de madera, además de ser más pesados y poseer mayor dificultad en su maniobrabilidad, por consiguiente, causan un mayor cansancio al campesino y los animales de tiro. A esto se le suma que estos aperos no pueden realizar una serie de operaciones específicas que se requieren en la tecnología de labranza de la milpa, necesiándose la utilización de más de un apero para la ejecución de estas operaciones, lo cual conspira contra los costos de producción entre otros aspectos.

Esta problemática ha condicionado la persistencia del uso de los arados tradicionales en la labranza del suelo en la milpa de los Valles Centrales de Oaxaca, situación que se extiende por todo el sur de la República mexicana, llegando a superar el 70% de utilización con respecto al total de productores en estas zonas evidenciándose la necesidad que poseen los campesinos de contar con un arado de metal que se adapte a las condiciones de trabajo existentes en las mismas, que garantice además los requisitos de durabilidad y ergonomía, tenga un menor consumo energético, y sea capaz de realizar la distintas operaciones específicas que se realicen en la tecnología de labranza empleada, el costo de adquisición además debe corresponderse con las posibilidades económicas de dichos campesinos.

## CONCLUSIONES

- El sistema de producción de los Valles Centrales de Oaxaca "milpa", está soportado en una forma de explotación muy antigua y de bajos insumos, que tiene como principio la

- asociación de cultivos en pequeñas parcelas y el empleo de la tracción animal como fuente energética;
- El empleo de la tracción animal como fuente energética en las condiciones de las milpas garantiza la sostenibilidad de las operaciones de labranza desde el punto de vista tecnológico y económico.
  - La tecnología de labranza empleada en el sistema de la milpa se soporta en el uso de tractores y arados de discos durante la roturación del suelo, el resto de las operaciones en el empleo de los tradicionales arados de madera mexicanos tirados por yuntas de bueyes;
  - Las características constructivas de arados de madera conspiran contra la calidad del trabajo, los costos de operación, y su durabilidad, atentando contra la productividad y el rendimiento del boyero y los animales;
  - Los arados de metal tirados por animales que se han tratado de introducir en las condiciones de la milpa presentan una serie de desventajas cuando se les compara con el arado tradicional, referentes a la demanda energética, peso, poca aptitud para realizar varias operaciones con el mismo apero, maniobrabilidad, y costo de adquisición, aspectos que han condicionado la persistencia del uso de los arados tradicionales;
  - La situación actual del empleo de la tracción animal en la milpa hace evidente la necesidad de sustituir el arado de madera por uno metálico que se adapte las condiciones de trabajo y exigencia de los cultivos de las milpas, y que permita además el intercambio de herramientas de labranza, conserve las buenas características del arado tradicional mexicano en cuanto a maniobrabilidad, peso y versatilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUILERA, C. A.: Análisis del sistema productivo milpa en la localidad de San Agustín Loxicha, Oaxaca, 38pp., Oaxaca, México, Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa, (Proyecto de Investigación), 2005.
2. ARCEO, J. M.: Apuntes sobre la historia de instrumentos de labranza de acero [en línea] Feb 2012. Disponible en: <http://virtual.chapingo.mx/inves/swf/31.swf> [Consulta: 22 de junio de 2012].
3. ARREDONDO, J. J.; H. ORTIZ; D. RÖSSEL y D. MORALES: "Evaluación del desempeño de tres tipos de arado de tiro animal", *Agrociencia*, 37(2): 187-194, 2003.
4. AVELDAÑO, R.; A. TAPIA y A. ESPINOSA: "Generación y transferencia de tecnología en el INIFAP, para el desarrollo de la agricultura mexicana", *Terra Latinoamericana*, 17(3): 265-270, 1999.
5. BARRERA, N.; J. A. ZINCK y E. VAN RANST: "Symbolism, knowledge and management of soil and land resources in indigenous communities: Ethnopedology at global, regional and local scales", *Catena*, 65: 118-137, 2006.
6. BLANCKAERT, I.; K. VANCRAEYNST; R. SWENNEN; F. ESPINOSA-GARCÍA; D. PIÑERO y R. LIRA-SAADE: "Non-crop resources and the role of indigenous knowledge in semi-arid production of Mexico", *Agriculture Ecosystems and Environment*, 119(1-2): 39-48, 2007.
7. CASTILLO, T.: Los sistemas agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca, 174pp., Tesis en opción del título de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados Motecillo, Montecillo, México, 1990.
8. CROCKER, R.; A. COSÍO; M. LÓPEZ; L. RUIZ; D. ANDRADE y Y. GUTIÉRREZ: "Interculturalidad alimentario-nutricional en la etnia wixarika de México", *Rev Esp Salud Pública*, 78(6): 691-700, 2004.
9. CRUZ, A.; T. MARTÍNEZ y J. M. OMAÑA: "Fuentes de fuerza, diversidad tecnológica y rentabilidad de la producción del maíz en México", *Ciencia Ergo Sum*, 11(003): 275-283, 2004.
10. CRUZ, A.; T. MARTÍNEZ y C. RAMÍREZ: "La tracción animal en México", *DRAUGHT ANIMAL NEWS*, (33): 5-9, 2000.
11. CRUZ, A.; T. MARTÍNEZ y C. RAMÍREZ: "Instrumentos agrícolas tradicionales de tracción animal en México", *DRAUGHT ANIMAL NEWS*, August(34): 2-5, 2001.
12. DIEGO, F.: Desarrollo y evaluación de un apero de tracción animal para la labranza de conservación, 186pp., Xoxocotlán, Oaxaca, CIIDIR-IPN, (Reporté técnico final), 2003.
13. DIEGO, F.; J. A. BRYDSON y J. R. MARTÍNEZ: Sistema de producción agrícola y los aperos de los Valles Centrales de Oaxaca, México, En: *Memorias del IV Conferencia Internacional de Desarrollo Sostenible "Agrocentro 2009"*, 15-17 abril 2009, pp. 15, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de las Villas, Cuba. 2009.
14. GEBREGZIABHER, S.; A. M. MOUAZEN; H. VAN BRUSSEL; H. RAMON; F. MERESA; H. VERPLANCKE; J. NYSSSEN; M. BEHAILU; J. DECKERSG y J. DE BAERDEMAEKER: "Design of the Ethiopian ard plough using structural analysis validated with finite element analysis", *BIOSYSTEMS ENGINEERING*, (97 ): 27-39, 2007
15. GEBREGZIABHER, S.; A. M. MOUAZEN; H. VAN BRUSSEL; H. RAMON; J. NYSSSEN; H. VERPLANCKE; M. BEHAILU; J. DECKERS y J. DE BAERDEMAEKER: "Animal drawn tillage, the Ethiopian ard plough, maresha: A review", *Soil & Tillage Research*, (89): 129-143, 2006.

16. GEBRESENBET, G.; E. ZERBINI; A. ASTATKE y P. KAUMBUTHO: "Optimization of animal drawn tillage implement systems: Part 2, Development of reversible plough and a ridger", *J. agric. Engng Res.*, (67): 299-310, 1997.
17. HAJJAR, R.; D. I. JARVIS y B. GEMMILL: "The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123: 261-270, 2008.
18. INAL, A.; A. GUNES; F. ZHANG y I. CAKMAK: "Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots", *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(5): 350-356, 2007.
19. INEGI, Anuario estadístico de Oaxaca, Aguascalientes, Aguascalientes, Ags, Estados Unidos Mexicanos, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, pp. 1334, 2012.
20. MAKUMBA, W.; F. K. AKINNIFESI; B. JANSSEN y O. OENEMA: "The Long-term impact of a gliricidia-maize intercropping system on carbon sequestration in southern Malawi", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118: 237-243, 2007.
21. MANUWA, S. I. y L. A. AFOLABI: "Sliding resistance of plane solid materials against arable soils", *Research Journal of Applied Sciences*, 2(4): 489-493, 2007.
22. NEGRETE, J. C.; A. L. TAVARES y R. L. TAVARES: "Diseño de tractores agrícolas en México", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 5-11, 2012.
23. ORTIZ, H.; D. ROSSEL y J. J. ARREDONDO: "Field performance of animal drawn tillage ploughs in dryland Mexico", *DRAUGHT ANIMAL NEWS*, June(40): 29-32, 2004.
24. PIPERNO, D. R.; J. E. MORENO; J. IRIARTE; I. HOLST; M. LACHNIET; J. G. JONES; A. J. RANERE y R. CASTANZO: "Late Pleistocene and Holocene environmental history of the Iguala Valley, Central Balsas Watershed of Mexico", *PNAS*, 104(29): 11874-11881, 2007.
25. RAMÍREZ, B.; G. RAMÍREZ; J. P. JUÁREZ y A. CESÍN: "Tecnología e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región campesina de Puebla, México", *Revista de Geografía Agrícola*, (38): 55-70, 2007.
26. RAPER, R. L.: "SUBSOILER SHAPES FOR SITE-SPECIFIC TILLAGE", *Applied Engineering in Agriculture*, 21 (1): 25-30, 2005.
27. RODRÍGUEZ, R. y J. PAGÁN: "Primeras evidencias directas del uso de plantas en la dieta de los grupos agroalfareros del oriente de Cuba", *Revista Catauro*, Año 8(14): 23, 2006.
28. SARH: El programa de ingeniería y mecanización del trópico húmedo de México, 21pp., Cotaxtla, México, Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos, 1984.
29. SHRIVASTAVA, A. K. y R. K. DATTA: "Performance evaluation of an animal drawn puddling implements under controlled soil-bin conditions", *Journal of Terramechanics*, (38): 121-131, 2001.
30. SIMS, B. G.: Draft Animal Power for Soil and Water Conservation in Small-Holder Production Systems in the Inter-Andean Valleys of Bolivia. Memorias del ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress, 2002, pp. 11, Chicago, Illinois, USA. ASABE, 2002.
31. SINGH, G.: Draught animal energy research in India. Memorias del Empowering Farmers with Animal Traction. Proceedings of the workshop of the Animal Traction Network for Eastern and Southern Africa, 1999, pp. 315-322, Mpumalanga, South Africa. ATNESA, 1999.
32. STRESSER, G. (ed.) 1988. El arado criollo en México y América Central, México, D.F., Estados Unidos Mexicanos: CEMCA, IFAL y ORSTOM.
33. VÁZQUEZ-GARCÍA, V.; L. GODÍNEZ-GUEVARA; M. MONTES-ESTRADA y A. S. ORTIZ-GÓMEZ: "Los quelites de Ixhuapán, Veracruz: disponibilidad, abastecimiento y consumo", *Agrociencia*, 38(4 ): 445-455, 2004.
34. VELÁZQUEZ, L.; V. ZAMORA; C. ARRIAGA y A. PEARSON: "Desempeño de équidos de trabajo en una comunidad campesina de agricultura de ladera del estado de México", *DRAUGHT ANIMAL NEWS*, mayo(32): 2-4, 2000.
35. WARRICK, G.: "The Precontact Iroquoian Occupation of Southern Ontario", *Journal of World Prehistory*, 14(4): 415-466, 2000.
36. ZUMÁRRAGA, F. J., Secretaría de Gobernación: Inventario de los bienes de Hernán Cortés, Archivo General de la Nación, México, Publicaciones del Archivo General de la Nación, pp. 1935.