

Diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México

Francisco Gutiérrez-Rodríguez[§]
Jesús Hernández-Ávila
Andrés González-Huerta
Delfina de Jesús Pérez-López
Rodolfo Serrato-Cuevas
Antonio Laguna-Cerda

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento-Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. *Campus* Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas. Toluca, Estado de México. CP. 50200. Tel. 01(722) 2965529. (agonzalezh@uaemex.mx; djperezl@uaemex.mx; jha333@hotmail.com; seccum@hotmail.com; alagunac@uaemex.mx).

[§]Autor para correspondencia: fgrfca@hotmail.com

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo, la realización de un diagnóstico de la utilización del parque de máquinas y tractores, así como los índices de mecanización agrícola de 24 comunidades del municipio de Atlacomulco, dar a conocer el estado de estos medios mecanizados, con la finalidad de que a nivel del Estado de México se tomen las medidas necesarias para mejorar el parque de máquinas y tractores en este municipio. La información de 2014 y 2015 se soportó en una encuesta; y el tamaño de muestra tuvo un nivel de confianza de 95% y un límite de error de 9%. Se entrevistaron 140 agricultores, propietarios de tractores y se registraron 163 tractores en una superficie de 8 074 ha (49.53 ha tractor⁻¹). La FAO recomienda 50 ha tractor⁻¹ de superficie con potencial mecanizable. Se destaca que la relación tractor implemento es bastante bajo (1:3.4), lo que indica la no existencia de una plena utilización del tractor y de sus implementos durante el ciclo agrícola, ya que la relación hectáreas tractor es de 12.4 ha tractor⁻¹ de suelo cultivado, cifra bastante baja, teniendo en cuenta la potencia promedio por tractor agrícola. El índice de equipamiento energético por hectárea de suelo cultivado, fue de 0.89 kW ha⁻¹, valor superior al recomendado por otros estudios. La correlación entre el índice energético de una hectárea (ξ ha) y la cantidad de tractores por 100 ha (Ξ N), fue de $r=0.81^{**}$; también Ξ N y hectáreas cultivadas por tractor (ϕ t), tuvieron un valor de $r=-0.63^{**}$.

Palabras clave: equipamiento energético, índice de mecanización, máquinas agrícolas, potencia.

Recibido: septiembre de 2018

Aceptado: noviembre de 2018

Introducción

La conformación de grandes ciudades es un fenómeno que aumentó al paso de los siglos, consecuencia del proceso industrializador en Europa, Estados Unidos de América y Australia entre otros, esta situación se debió a la mecanización de la agricultura que disminuyó el empleo de mano de obra en el sector rural, así como a las nuevas actividades generadas en el sector industrial y de servicios.

Durante la segunda mitad del siglo XX, el proceso de densificación urbana aumentó en Asia, África y Centro América, fenómeno que continuará incrementándose en las décadas del presente siglo, ya que se espera que 83% del crecimiento demográfico mundial tendrá su origen en las megalópolis.

Otra tendencia importante es la paulatina capitalización de las grandes explotaciones agropecuarias, denominada modernización agrícola, la cual va transformando la hacienda tradicional mediante prácticas intensivas, uso del capital ilimitado y los demás insumos industriales, con una creciente tecnificación y especialización, tanto en fases de cultivo como en la preparación, cosecha y poscosecha, entre otras. La mecanización agrícola medida por la cantidad de hectáreas arable por tractor fue muy rápida en el periodo de 1965 a 1981, según la FAO, el número de tractores se duplicó alcanzando casi el millón de unidades. En Venezuela se pasó de un tractor por cada 399 ha en el primer quinquenio de los 1960's a un tractor por cada 94 ha, a principios de los 1980's, en 1982 en México había un tractor por cada 148 ha, comparadas con un tractor por cada 346 ha 20 años atrás (Gutiérrez, 1990).

Entre 1960 y 1970 se incorporaron 15 millones de tractores, pero en 1982 ésta fue de más de 26 millones: por cada 100 ha cultivadas se tenían 2.1 tractores, en África tiene 0.6 tractores 100 ha^{-1} ; en América Latina 0.57 tractores 100 ha^{-1} y en Asia 0.11 tractores 100 ha^{-1} . En contraparte en la República Federal Alemana hasta 1960, habían 16 tractores 100 ha^{-1} , lógico con una potencia media en sus tractores de 24.2 kW (Gutiérrez, 1990), según la FAO (2011) en algunos países de América, se tienen algunos índices bastante altos, como son los casos de Brasil que tiene en esta fecha 460 000 tractores con una relación de hectáreas por tractor de $116.3 \text{ ha tractor}^{-1}$, Argentino con un parque de tractores de 280 000 y $91.07 \text{ ha tractor}^{-1}$, Canadá con 740 000 tractores y una relación de $61.29 \text{ ha tractor}^{-1}$, Estados Unidos de Norteamérica tiene 4 800 000 de tractores y con una relación de $36.45 \text{ ha tractor}^{-1}$, en Europa Francia tiene un parque de tractores de 1 312 000 y con una relación de $13.93 \text{ ha tractor}^{-1}$ y en el caso de Reino Unido con 500 000 tractores y $12.18 \text{ ha tractor}^{-1}$, en el caso de estos dos últimos países, los tractores son de menor potencia y sus áreas de cultivo son más pequeñas, razón por la cual se tienen estas menores relaciones.

Según la FAO (2011), existen en México 238 830 tractores en servicio, pero 54% ya rebasó su vida promedio útil (SAGARPA, 2010a). Dentro de los problemas que enfrentan los productores del campo mexicano, se encuentra la falta de liquidez para la compra de tractores (el precio por tractor varía de \$375 000.00 a \$800 000.00), el incremento en los costos de combustible y operación de los tractores resulta costosa (Calva, 1998). Estas son limitantes para la adquisición y mantenimiento de los equipos. Por otro lado, las importaciones se han incrementado, ya que éstas crecieron a una tasa media anual 4.32% entre 1980 y 2008 (FAO, 2011), importándose 25 000 unidades de 2006 a 2008.

La agricultura mecanizada es atractiva al disminuir los costos de producción, así como el tiempo y las horas de trabajo en las actividades prioritarias, ya que ahorra recursos. La falta de profesionalismo, los ajustes incorrectos de los diferentes implementos y máquinas agrícolas, entre otros, se agravan también con el empleo equipos convencionales. Ramírez (2007), comentó que, debido a la estructura agraria del país es inviable la modernización del minifundio a través del uso de paquetes tecnológicos dependientes de una agricultura de capital ilimitado; según él, la maquinaria agrícola está diseñada para cultivar grandes extensiones de tierra y permanecería ociosa la mayor parte del ciclo agrícola; las pequeñas unidades de producción son incapaces de generar los recursos necesarios para capitalizarse.

Pellizi (2000) citado por Negrete (2011), sugirió que, cada país debe basar su política de mecanización en lo siguiente: una definición de los criterios de mecanización acordes con los factores técnicos y económicos; la creación de infraestructura para el desarrollo de una industria agromecánica local sólida por medio de alianzas con industrias establecidas en los países industrializados; una definición de los criterios aplicados a la estandarización de la producción, el establecimiento de una red eficiente de servicio para la reparación y mantenimiento dentro del país, la promoción de programas de entrenamiento profesional, tanto en el ámbito agrícola como de fabricación.

Desde 1997, el mercado mexicano es muy estable y reporta ventas anuales promedio de 10 000 a 11 000 tractores (Palacios *et al.*, 2003) citado por Ayala *et al.* (2011). Sin embargo, de acuerdo a Flores *et al.* (2007) citado por Ayala *et al.* (2011), la venta total de 11 000 tractores representa un déficit, situación motivada por la crisis que enfrenta el sector, ya que el mercado potencial oscila de 15 000 a 18 000 unidades. De acuerdo a Perea (2011) citado por Larqué *et al.* (2012), 54% de los tractores del campo mexicano rebasó su vida útil, dado que el mantenimiento y consumo de combustible es costoso. Según Larqué *et al.* (2012) esta situación ha generado que el campo mexicano tenga 78 483 tractores menos que hace 20 años, además la potencia media de los tractores es de 59.9 kW.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Municipio de Atlacomulco, ubicado al noroeste del Estado de México, México. La cabecera municipal se localiza entre 19° 43' 37" (mínima) y 19° 43' 67" de latitud norte y 99° 42' 12" y entre 99° 52' 48" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. La localidad de mayor altitud es San Felipe Pueblo Nuevo (2 720 m) y las de menor altitud son la cabecera municipal (2 670 m) y San José Toxi (2 640 m). Este municipio tiene las siguientes colindancias: al norte, con los municipios de Acambay y Temascalcingo; al noreste, con el municipio de San Andrés Timilpan; al este, con los municipios de San Bartolo Morelos y San Andrés Timilpan; al sur y oeste, con el municipio de Jocotitlán y al noroeste, con los municipios de Temascalcingo y El Oro. La distancia aproximada a la capital del mexiquense es de 63 km (INEGI, 1996).

El municipio de Atlacomulco tiene 258.74 km² y representa 1.19% del territorio estatal (INEGI, 1996). La metodología utilizada, se fundamentó en la realización de una encuesta directamente con los agricultores, dueños de tractores y máquinas agrícolas y para ello se construyó un cuestionario como herramienta principal de trabajo. El tamaño de la muestra se calculó, con base a la cantidad de tractores registrados en este municipio; se consideró un nivel de confianza de 95% y un límite

de error de 9%. Con el método aleatorio simple fueron elegidos 140 agricultores, los cuales fueron propietarios de tractores y máquinas agrícolas. La caracterización del nivel de mecanización para el municipio de Atlacomulco se realizó en función de la cantidad de tractores agrícolas y sus diferentes potencias, número de implementos para cada uno de los tractores encuestados, índice de equipamiento energético, etc.

Cuadro 1. Comunidades del municipio de Atlacomulco donde se aplicó la encuesta.

Comunidad	Núm. de productores	Comunidad	Núm. de productores
Espejel	5	Santiago Acutzilapán	8
San Luis Boro	3	Manto del Río	2
P.P Atlacomulco	22	El Manto Ejido	3
San Lorenzo Tlacotepec	8	Cerrito Colorado	2
Rincón de la Candelaria	3	Santa Ma. Tecocac	11
San Francisco Chalchuiapán	13	San Juan de los Jarros	4
Ejido Cuendó Atlacomulco	6	Rincón de la Candelaria	7
San José Toxi	6	San José del Tunal	12
Dolores de la Joya	1	San Pablo Atotonilco	1
Diximoxi P. P.	2	El Salto	1
Lagunita Cantashi	3	San Ignacio de Loyola	6
San Antonio Enchisee	5	Las Animas, Atlacomulco La Palma	6

Posteriormente se relacionan los índices que ayudan a describir el comportamiento del nivel de mecanización agrícola en el municipio de referencia, de la cual surgen las diferentes respuestas para los índices propuestos.

El índice de equipamiento energético del productor agrícola, puede ser representado por la relación que surge de la potencia en kW (kilowatts) (Garrido, 1984) y la cantidad de productores agrícolas de la zona, región o empresa agrícola.

$$\xi_p = \frac{\sum N_c}{\sum n_p}$$

Donde: $\sum N_c$ = es la potencia de los motores de los tractores agrícolas en kW; $\sum n_p$ = son los trabajadores vinculados con las tareas agrícolas.

Índice de equipamiento energético de una hectárea de las superficies elaboradas, se debe tener en cuenta que el equipamiento energético por hectárea de la superficie elaborada es significativamente menor que por un obrero agrícola.

Se determinan con la fórmula (Garrido, 1984).

$$\xi_{ha} = \frac{\sum N_c}{\sum F_x}$$

Donde: $\sum N_c$ = es la potencia en kW; $\sum F_x$ = es el total de has de superficie cultivada.

Cantidad de tractores físicos por cada 100 ha (tractores 100 ha⁻¹) de suelo en producción artificial (Karpenko, 1989).

$$\varnothing N = \frac{ZT}{F_x} = \frac{\text{tract}}{100 \text{ ha}}$$

Donde: ZT= es el número de tractores; F_x= son las hectáreas en producción con preparación de suelos mecanizados.

Relación tractor implemento (β_{rti}). Pertrechamiento de máquinas agrícolas por tractor, es la relación de tractores y máquinas agrícolas en la zona, de investigación, la cual da el grado de carga de máquinas agrícolas por tractor (Garrido, 1984 y Karpenko, 1989).

$$\beta_{rti} = \frac{\sum \lambda_1}{\sum Z_t}$$

Donde: λ₁= es el número de implementos; Z_t= es el número de tractores.

Hectáreas por tractor de suelo cultivado (ω): en este aspecto se tiene en cuenta la cantidad de suelo que se cultiva de forma mecanizada, sin tener en cuenta el total del suelo con condiciones de trabajo mecanizado, esta relación puede ser representada por la siguiente fórmula según (Mogarianu, 1987).

$$\omega = F_x / \sum Z_t$$

Donde: F_x= total de hectáreas de superficie cultivada; ΣZ_t= número de tractores que atienden suelos agrícolas mecanizados.

Relación tractor productor: según Garrido (1984), es la cantidad de tractores entre la cantidad de productores de la zona que tengan o no tractores para las actividades agrícolas.

$$\Psi_{tp} = \sum Z_t / P$$

Donde: ΣZ_t= es el número de tractores; P= es el número de productores con tractores.

Potencia media por tractor (μ) (Iofinov, 1984). Es la potencia en kW que se tiene en el municipio y en particular en cada una de las comunidades y se calcula de la manera siguiente.

$$\mu = \sum N_c / \sum Z_t$$

Donde: N_c = está dada en kW.

Hectáreas por tractor de suelo agrícolas cultivados, mecanizados y no mecanizados (Iofinov, 1984).

$$\phi_t = F_t / \sum Z_t$$

Donde: F_t= es la cantidad de suelo cultivado con y sin mecanización.

Para el análisis e interpretación de los datos adicionales se utilizó el programa SAS (SAS, institute, 2004). Con este se efectuó un análisis de conglomerados (AC) con la matriz de distancias euclidianas, el método de agrupamiento aplicado fue el de la distancia promedio entre grupos, este análisis se hizo con el procedimiento Cluster. El tamaño de la muestra se calculó de acuerdo a la metodología planteada por Hernández (2006), así como las técnicas para la realización de las encuestas.

Resultados y discusión

Los productores encuestados en 24 comunidades fueron 140 con un total de 163 tractores de diferentes potencias y un total de 528 implementos. De acuerdo a datos obtenidos, la proporción tractor/implemento es de un (1) tractor por cada 1.62 implementos, cifra bastante baja de acuerdo a los diferentes estándares de países desarrollados como son Estados Unidos de América, Rusia, entre otros (Negrete, 2012). En caso particular de la cantidad del suelo cultivado mecanizado, se tiene una cantidad de 49.53 ha tractor⁻¹, lo cual se acerca a lo planteado por la FAO, en superficie con potencial de mecanización, que es de 50 ha tractor⁻¹. En el Cuadro 2, donde se presenta el índice energético por productor (ξ_p), se pueden observar de los datos obtenidos de las encuestas realizadas con los agricultores en las diferentes comunidades del municipio Atlacomulco, que el mismo mantiene ciertas características similares al resto de las comunidades, excepto a la de Dolores la Joya (121 kW productor⁻¹), San Luis Boro (78.3 kW productor⁻¹).

Cuadro 2. Índices obtenidos por comunidad elegidas al azar en el municipio de Atlacomulco 2014.

No.	Localidad	ξ_p (kW)	ξ_{ha} (kW)	ΞN (tract 100 ha ⁻¹)	ω (ha tract ⁻¹)	Brti	Ψ_{tp}	μ (kW)
1a	Espejel	58.8	1.71	2.22	24.5	5	0.6	74.5
2b	San Luis Boro	76	1.38	3.87	25.8	3.4	1.66	34.6
3c	P. P. Atlacomulco	60.7	0.71	8.04	12.4	3.06	1.5	41.8
4d	San Lorenzo Tlacotepec	72.6	1.09	2.33	42.8	2.7	1.25	44
5e	Rincón de la Candelaria	56.4	0.7	1.2	83.4	4	1	42.8
6f	San Francisco Chalchiuapán	56	0.93	1.62	61.5	4	1	42.5
7g	Ejido (Cuendó) Atlacomulco	62.5	1.42	2.57	38.8	4.85	1.16	40.7
8h	San José Toxi	53.9	0.76	3.26	30.6	3.25	1.33	30.7
9i	Dolores de la Joya	117.6	0.71	1.16	82.5	0.66	2	44.5
10j	Diximoxi P. P.	55.1	0.34	0.61	163.3	4	1	41.8
11k	Lagunita Cantashi	53.9	0.42	1.02	97.5	2.5	1.33	30.6
12L	San Antonio Enchisee	58.8	0.43	0.71	139.8	4	1	44.7
13m	Santiago Acutzilapán	59.7	0.5	0.82	121.5	3.37	1	48.1
14n	Manto del Rio	58.8	1.92	3.17	31.5	2	1	44.8

No.	Localidad	ξ_p (kW)	ξ_{ha} (kW)	ΘN (tract 100 ha ⁻¹)	ω (ha tract ⁻¹)	Brti	Ψ_{tp}	μ (kW)
15o	El Manto Ejido	61.2	2.67	4.22	23.7	2	1	46.6
16p	Cerrito Colorado	62.5	0.58	0.9	110	3.5	1	47.5
17q	Santa Ma. Tecoac	58.7	1.63	2.78	35.9	3.9	1	43.2
18r	San Juan de los Jarros	56.8	0.33	0.52	188.7	3	1	46.7
19s	Rincón de la Candelaria	87.2	2.53	4.01	24.9	3.6	1.42	46.4
20t	San José del Tunal	58.8	2.76	4.54	22	2.8	1	44.7
21v	San Pablo Atotonilco	58.8	0.15	0.25	38.8	4	1	44.8
22w	El Salto	58.8	0.38	0.62	160	2	1	44.8
23x	San Ignacio de Loyola	71	2.1	3.33	30	4.28	1.16	46.2
24y	Las Animas Atlacomulco La Palma	72.3	5.67	8.86	11.3	3.57	1.16	47.1

(ξ_p)= índice de equipamiento energético del productor; (ξ_{ha})= índice de equipamiento energético de una hectárea; (ΘN)= cantidad de tractores por 100 ha; Brti= relación tractor implementos agrícolas; Ψ_{tp} = relación tractor productor; μ = potencia media por tractor. Diferentes índices calculados a partir del inventario, para las diferentes localidades del municipio de Atlacomulco.

Al realizar un análisis de la cantidad de tractores por cada 100 ha de suelo agrícola con posibilidades de mecanizar, se observa que P. P. Atlacomulco tiene 8.04 tractores por cada 100 ha de suelo, lo cual es una cantidad bastante alta y la relación tractor-implemento es de 3.06, cantidad bastante pequeña para la cantidad de tractores, así se tiene que la relación cantidad de suelo cultivado (ω) de forma mecanizada por tractor es de solo 12.4 ha tractor⁻¹, una excesiva cantidad de tractores para tan poca cantidad de suelo cultivado atendido de forma mecanizada, cuando se trata en lo fundamental de un cultivos donde como mínimo se debe de tener 50 ha tractor⁻¹ según la FAO, mencionado por Larqué (2012), tratándose de cultivos como es el maíz y haba entre otros, lógico esto depende también del relieve del suelo, no obstante la relación es bastante baja por datos de Negrete (2006) en la República Mexicana.

En el año 2003 se tenía una relación de 102.8 ha tractor⁻¹, cifra está que está por encima de lo encontrado en el municipio de Atlacomulco y que según Flores (2008) citado por Negrete (2006), en el censo de 2007, esta relación llegó a 55.5 ha tractor⁻¹ y que según estos autores existen diferencias sustanciales entre los datos de la FAO y los mismos, pero que de acuerdo a lo investigado y teniendo en cuenta la posición de la tierra, existe coincidencia cercana con lo encontrado por Flores (2008), no así con la relación de la superficie cultivada en este municipio que es de 12.4 ha tractor⁻¹. Según Masera (1990), para hacer rentable un tractor mediano (≈ 45.6 kW) es necesario tener una superficie de cultivo de 25 ha, hecho que es corroborado por Lara (2000), quien en un estudio realizado encontró que el punto de equilibrio para un tractor típico armado en México de categoría mediana totalmente dedicado a la maquila de las labores agrícolas, el punto de equilibrio es de 31 ha.

Ahora bien, en esta zona se plantea que existe una relación de $10.96 \text{ ha tractor}^{-1}$, según la investigación realizada por Larqué *et al.* (2012), muy por debajo de lo investigado y lo que muestran los datos de la actual investigación. En otro orden de casos particulares dignos de mención, es la comunidad las Animas Atlacomulco con $8.86 \text{ tractores } 100 \text{ ha}^{-1}$ de suelo (ΘN) y el Manto Ejido con $4.22 \text{ tractores } 100 \text{ ha}^{-1}$, San José el Tunal con $4.54 \text{ tractores } 100 \text{ ha}^{-1}$ y como ejemplo este último con una relación tractor-implemento (β_{rti}) de 2.8, cifra bastante pequeña, para poder atender todas las labores mecanizadas que se requieren en un ciclo agrícola. De esta misma manera se puede observar en el Cuadro 2, estos rubros antes mencionados en las distintas comunidades, salvo algunas excepciones, es similar su comportamiento con mayores o menores valores.

En este orden se puede mencionar a modo de ejemplo, la comunidad Diximoxi P.P. la cual tiene 0.34 kW ha^{-1} , como índice de equipamiento energético por hectárea (ξ_{ha}); de $0.61 \text{ tractor } 100 \text{ ha}^{-1}$ y de $163 \text{ ha tractor}^{-1}$ y una relación tractor implemento igual a 1:4 con promedio de potencia por tractor de 55 kW , lo cual es un balance contradictorio para la atención mecanizada de los tipos de cultivos que se atienden en dicha zona; ahora bien para tractores con la potencia anteriormente planteada, para tener una óptima explotación, de acuerdo a lo planteado por Iofinov (1984), es que cada tractor tenga seis implementos (1:6), lógico esto depende del tipo de cultivo, características del suelo, tipos de implementos, constitución de los mismos, pero es esta región es necesario señalar que solamente la comunidad llamada Espejel llega a una relación (1:5) todas las demás están muy por debajo de esta proporción, por otro lado de acuerdo al censo agrícola y ganadero del 2007 (INEGI, 2009), se reporta que México dispone de 238 248 tractores de los cuales 95.5% se encontraban funcionando y que son usados en una superficie agrícola de 29 900 000 ha lo cual arroja la cifra de $121.72 \text{ ha tractor}^{-1}$, pero esto no quiere decir que no sean mecanizadas y si solo cultivadas, lo cual, la cifra no es correcta, en la forma en lo cual la muestra INEGI.

De acuerdo con Ayala *et al.* (2011) e INEGI (2009), los productores mexicanos utilizan en sus actividades agropecuarias tractores con una potencia que fluctúa de 45.6 a 64.6 kW y como se observa en el Cuadro 2, la potencia por productor (equipamiento energético del productor (ξ_p), en el caso investigado, como promedio fluctúa de 58.5 a 78.3 kW y en algunos casos excepcionales se sobrepasa estos valores. En investigaciones realizadas por Ochoa (2010) indica que en los últimos años las empresas constructoras de tractores en México tienen una demanda de tractores de 45.6 kW en adelante y como promedio los tractores que adquieren son de 53.2 kW aproximadamente, aunque es necesario hacer notar que la tenencia de la tierra es menor que hace 20 años, señala este investigador, pero por lo investigado se puede observar en el Cuadro 2, que hay una subutilización de los tractores, a causa de la baja relación existente tractor/implemento.

Como elemento a ponderar muy fuertemente está el alto índice de equipamiento energético del trabajador y la baja relación ha tractor^{-1} , lo que está de acuerdo en lo planteado por Negrete *et al.* (2006 y 2012), también en las investigaciones realizada por Larqué *et al.*, (2012); Sánchez *et al.* (2014). En lo referente al índice de potencia de tractor por hectárea de suelo cultivado, la investigación arroja 0.89 kW ha^{-1} , lo cual está por encima de 0.76 kW ha^{-1} planteado por Gaytan (2007) citado por Sánchez (2014) y 71% de las comunidades encuestadas están por encima de 0.76 kW ha^{-1} y en algunos casos sobre pasa los 1.52 kW ha^{-1} , lo que indica que existe un gran potencial energético en la zona investigada.

Es necesario destacar la dispersión existente entre los agricultores, el índice de equipamiento energético/hectárea y la cantidad de tractores utilizados por cada 100 ha de suelo cultivado y muy cercana a la relación tractor productor, también ocurre lo mismo con la relación total de tractores y máquinas agrícolas.

En el análisis de correlación entre pares de variables estandarizadas de los diferentes coeficientes (Cuadro 3), se seleccionaron las más importantes; de ellas las que es necesario tomar como patrones.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson, entre los distintos índices analizados de las distintas comunidades del municipio Atlacomulco, 2015.

Variables	ξ_{ha}	ΘN	Ψrtp	βrti	μ	ϕt	Ωn
p	0.203	0.13	0.749**	0.435*	0.054	-0.193	0.44*
ξ_{ha}		0.811**	-0.01	0.064	0.245	-0.589*	0.1
ΘN			0.245	-0.016	-0.161	-0.638**	-0.02
Ψrtp				-0.503*	-0.574*	-0.2352	0,106
βrti					0.282	0.063	-0.766**
μ						0.063	0.36
ϕt							-0.043

(ϕt)= hectáreas por tractor de suelo cultivado mecanizado y no mecanizado; (Ωn)= potencia por máquina agrícola, incluyendo tractores e implementos agrícolas.

Las que es necesario corregir y llevarlas a planos superiores, al correlacionar el índice energético del productor con la relación tractor productor, la misma es positiva y altamente significativa con un valor de 0.749**, esto nos indica que con la excepción de pocos productores la mayoría posee por lo menos un tractor, en la correlación índice equipamiento por productor con la relación tractor -implemento, la misma es negativa con un valor de -0.43, lo que muestra la poca proporción existente entre tractores e implementos en propiedad de los productores. Otro par de variables importantes, es la relación tractor-implemento y la potencia por máquina agrícola, la cual muestra un valor negativo y altamente significativo de -0.766**.

La potencia por máquina agrícola (Ωn) y el índice de equipamiento energético del productor (ξ_p), el cual es de 0.44 y significativo, esto indica que ambos índices tienen un comportamiento positivo, donde lo ideal sería estabilizar a ξ_p , para que de esta manera el valor de esta correlación fuese mayor. Por la alta cantidad de tractores por cada 100 ha (ΘN) y su correlación con el índice de equipamiento energético de una hectárea (ξ_{ha}), es que este valor es de 0.81 y altamente significativo; no obstante, a este valor tan alto es necesario señalar que tanto un índice como el otro no concuerdan con lo que actualmente se tiene como óptimo a nivel internacional. Por último, es necesario señalar la correlación existente entre la cantidad de tractores por cada 100 ha de suelo y la cantidad de hectáreas por tractor de suelo cultivado, la cual es negativa, con un valor de -0.638** y altamente significativa.

Con la utilización del programa SAS y usando el Proc Cluster se muestra en el Cuadro 4, como se aglomeran los grupos en función de características parecidas en cantidades de tractores y máquinas agrícolas y en el cual aparecen siete grupos, lo cual queda bien explicado en el dendograma que aparece en la Figura 1.

Cuadro 4. Aglomeración de grupos en función de las características parecidas en cantidades de tractores por localidades.

Número	Integrantes
1	A
2	U
3	X
4	Y
5	B S C
6	D N O T V
7	E F Q G W J L M P R H K

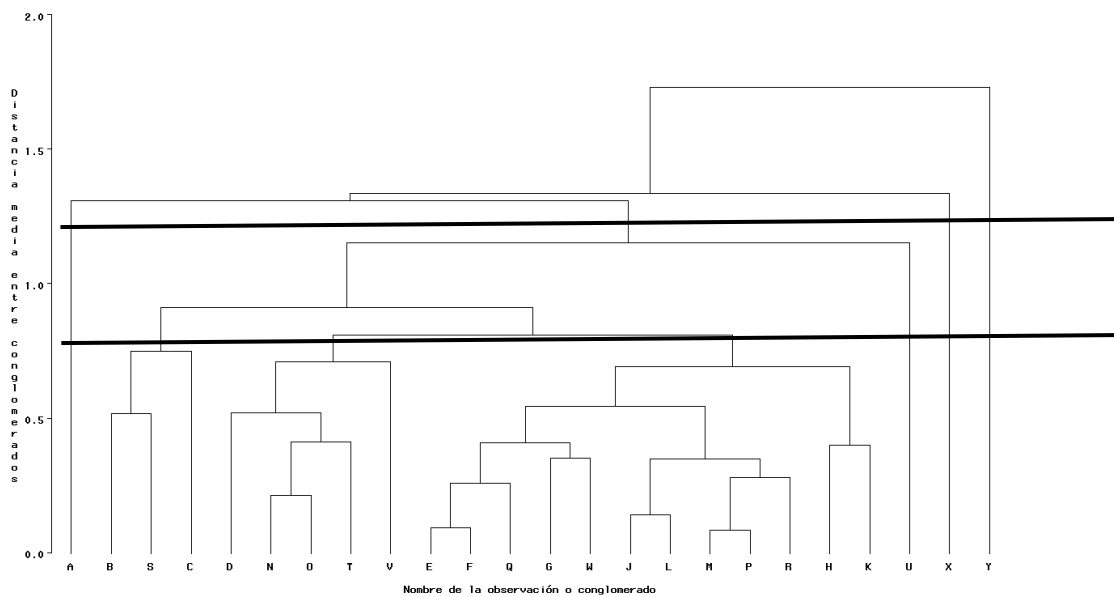


Figura 1. Dendrograma del análisis de conglomerados sobre las 24 comunidades que poseen tractores y máquinas agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México, 2015.

En la Figura 1, al inicio de la salida del resultado se obtuvo el historial del aglomerado de productores con tractores y máquinas agrícolas encuestadas en los que se determinaron el comportamiento de los diferentes índices de mecanización en dicho municipio. En el eje de la X se colocaron las diferentes comunidades y por el eje de la Y las diferentes distancias medias entre conglomerados. Colocando en el dendrograma una primera línea horizontal al eje de la X y por encima del valor 1.2 aproximadamente en el eje Y; se obtiene un primer criterio en el que aparecen cinco aglomerados, colocando una segunda línea por debajo de la primera y a una altura de aproximadamente 0.8 de distancia entre aglomerados se pueden distinguir siete grupos de comunidades de acuerdo con la altura escogida y que fue dibujada esta segunda línea. Con estas dos líneas se pueden distinguir que existen dos grupos de comunidades, en el primero se tienen comunidades que están dispersas como son las Animas Atlacomulco (X), Espejel (A); San Pablo Atotonilco (U) y Dolores la Joya (Y), los cuales muestran diferentes posiciones de tractores y máquinas agrícolas y como referencia se pueden remitir al Cuadro 2. Como segundo criterio

debemos remitirnos a la línea inferior en la que claramente se pueden observar siete aglomerados de comunidades, teniendo en cuenta los índices antes analizados. Por último, se puede plantear que los grupos no mencionados anteriormente tienen características o índices muy parecidos en los aspectos de la mecanización agrícola y sus índices en cada una de sus comunidades encuestadas.

Por último, se puede plantear que los grupos no mencionados anteriormente tienen características o índices muy parecidos en los aspectos de la mecanización agrícola en cada una de sus comunidades encuestadas. En este aspecto, el análisis más exacto depende en mucho de la experiencia que tenga el investigador para definir los aglomerados y las características propias de cada uno de ellos por su relevancia.

Conclusiones

Por los datos obtenidos en las encuestas realizadas, se calculó que el índice de mecanización para el conjunto de comunidades en el Municipio de Atlacomulco es $49.53 \text{ ha tractor}^{-1}$, esto teniendo en cuenta la superficie cultivada y no cultivada.

La relación tractor implemento (β_{rti}), 90% de los casos no supera los cuatro implementos por tractor, lo cual limita una plena utilización del tractor en un ciclo agrícola como son: maíz, trigo, avena, etc., sin dejar de tener en cuenta que muchas veces esto depende también del relieve de los terrenos donde estén enclavadas las propiedades de estos agricultores.

A nivel de municipio se tienen 12.4 ha por tractor (ω), cifra bastante baja teniendo en cuenta la potencia media de los tractores, los cuales sobrepasan los 58 kW en la mayoría de las comunidades y entre ellas existen diferencias abismales, lo cual es necesario corregir con tractores cuyas potencias no sobrepasen los 50 kW y que tengan la posibilidad de tener universalidad en los trabajos agrícolas.

La mayoría de las comunidades investigadas tienen un promedio mayor de potencia por hectárea que lo planteado por algunos autores y su trabajo se ve limitado por la cantidad de implementos y lo restringido de las posibilidades de tierra para la mecanización agrícola. En el análisis del clúster se pueden observar siete conglomerados, lo cual nos muestra que existen diferencias bien marcadas entre los mismos.

Literatura citada

- Ayala, G. A. V; Audelo, B. M. A; Garay, H. M. y Mendoza, C. C. E. 2011. La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. OCIMA-CENEMA-INIFAP. SAGARPA. Estado de México. Folleto técnico núm. 47. 47 p.
- Calva J. L. 1998. Crisis agrícola y alimentaria en México 1982-1988. Fontamara 54 (Ed.). México, DF. 95 p.
- FAO 2011a. FAO Dirección de estadística. <http://faostat.fao.org/site/576/desktopdefault.aspx?pageid=576#ancor>.
- Flores, F. y Schwentesius, R. 2009. Mecanización del agro en México. Agro Rev. Ind. Campo. Revista en línea. 54(8):23-34. <http://3wmexico.com/2000agro/revpdf/agro54.pdf>.

- Garrido, P. J. 1984. Implementos y máquinas agrícolas y fundamentos para su explotación. Ed. Científico Técnica Habana, Cuba. 398 p.
- Gutiérrez, R. F. 1990. Explotación del parque de máquinas y tractores. (Ed.) Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Municipio, Marín, Nuevo León. 122 pp.
- Hernández, S. R.; Fernández, C. y Baptista, L. P. 2006. Metodología de la investigación. Edit. McGraw Hill. México. 244-284 pp.
- INEGI. 1995. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de Población y Vivienda México, DF.
- Iofinov, S. A. 1984. Ekspluatatsia mashino traktovo parka. Isdatelsvo 'Kolos', Moskua. 486 p.
- Jròbostov, S. N. 1989. Explotación del parque de máquinas y tractores (trad. del ruso Gómez, L. I.). 6^{ta}. (Ed.). MIR. Moscú. 100-105 pp.
- Karpenko, 1989. Celskojosiabennie Mashino. Isdatelsvo agropromisdat. 527 p.
- Lara, L. A. 2000. Trends and requirements of mechanization: the case of México. Proceedings of the 1st Latin- American meeting of the club of Bologna, Fortaleza, Brazil. 20-31 pp.
- Larqué, S, B. S; Cortés, E. L.; Sánchez, H. M. Á.; Ayala, G, A. V. y Sangerman-Jarquín, D. Ma. 2012. Análisis de la mecanización agrícola de la región Atlacomulco, Estado de México Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(8):825-837.
- Masera, C. O. 1990. Crisis y mecanización de la agricultura campesina. El Colegio de México. México, DF. 228 p.
- Mogorianu, V. I. 1987. Efectivnosty ispolzobania mashino traktornova parka. Isdatelsvo, Moskua. 272 p.
- Negrete, J. C. 2006. Mecanización Agrícola en México, México D. F. Rev. Iberoam. CTS. 15 p. <http://www.revistacts.net/files/Negrete.EDITADO.pdf>.
- Negrete, J. C. 2011. Políticas de mecanización agrícola en México. Rev. Iberoam. Cienc. Tecnol. y Soc. Artículo de Portafolio. 22 p. http://www.revistacts.net/files/Negrete_editado.pdf.
- Negrete, J. C. Tavares, M. A. L. y Tavares, M. R. L. 2012. Diseño de tractores agrícolas en México. San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Rev. Cienc. Téc. Agr. 21-1. https://www.researchgate.net/publication/262623938_Disenio_de_tractores_agricolas_en-México.
- Ochoa, B. J. G. 2010. Estudio del parque de maquinaria agrícola en el Estado de México. SAGARPA, INIFAP, CENEMA, Gobierno Federal. 103 p.
- Ortiz, L. H. y Rossel, K. D. 2002b. La participación de las instituciones de investigación y fabricantes de maquinaria agrícola en un proceso de innovación. *In*: ponencia presentada en el primer foro internacional de mecanización agrícola y agroindustrial. Chapingo, Estado de México. <https://www.researchgate.net/publication/275214286-politicas-de-mecanizacion-agricola-en-Mexico>.
- Ramírez, V. B. 2007. Tecnología e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región Campesina de Puebla, México. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Rev. Geogr. Agríc. 38(1):55-70.
- Sánchez, H. M. A.; Ayala, G, A. V.; Cervantes- Osorio, R.; Garay-Hernández, M.; De la O-Olán, M.; Martínez, T, G. y Velázquez-López, N. 2014. Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, Estado de México. Agric. Soc. Des. 11(4):499-516.
- SAS institute. 2004. SAS/STAT 9.0. Users Guide. SAS institute Inc. Cary, NC. 1731-1900 pp.