

Propuesta de agrupación de pequeños productores de maíz para alcanzar la eficiencia económica en el Estado de México

Rocío Ramírez-Jaspeado¹
José A. García-Salazar²
Marcos Portillo-Vázquez^{1§}
Roberto García-Mata²

¹División de Ciencias Económico Administrativas-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56220. ²Programa de Economía-Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. CP. 56230.

§Autor para correspondencia: mportillo49@yahoo.com.mx.

Resumen

En el Estado de México, existe una gran diversidad de productores de maíz, desde los más tecnificados hasta los de subsistencia, estos últimos, están relacionados con pequeñas unidades de producción, las cuales frecuentemente tienen problemas por no alcanzar precios competitivos en insumos y servicios derivado del bajo volumen requerido por unidad, incrementando sus costos por arriba de la escala productiva promedio. El presente trabajo se centra en la eficiencia económica de los productores a partir de comparar los costos unitarios promedio, para lo cual, se propone de forma documentada un análisis que optimiza dichos costos (movilización de insumos, producción, costos de servicios de labores agrícolas y maquinaria). Se propone la agrupación y asociación de productores que permitirá dicha optimización de costos. En el caso de la movilización de insumos y producción se partió de la capacidad de carga de diferentes unidades de transporte mientras que, la adquisición de maquinaria partió de reducir los costos de servicios de labranza y el tamaño de la agrupación de los productores. Los resultados indican que la agrupación para movilización de semilla mejorada (UPISM) sea 33-40 ha o de 6-27 UP reduciendo el costo en 55%, para el caso de fertilizante (UPIF) de 15-25 ha o de 3 a 14 UP que permite reducir el costo en 27%, la adquisición de maquinaria (UPITR) es rentable a partir de 40 ha e implica la integración de 6 a 27 UP y una reducción de costos en 10%; mientras que, para la movilización de la producción (UPICM) implica 4-10 ha o 1 y 3 UP que reduce costos en 38%. Por último, la UPI Integral sugiere la agrupación de 40 ha lo que permitiría reducir los costos en 55, 38, 10 y 48%, respectivamente.

Palabras clave: eficiencia económica, organización de pequeños productores, unidades de producción.

Recibido: febrero de 2023

Aceptado: abril de 2023

Introducción

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante en el sector agrícola y representa una tradición productiva y de consumo (De los Santos-Ramos, *et al.*, 2017). En 2019 se sembraron alrededor de siete millones de hectáreas y la producción nacional alcanzó los 27 millones de toneladas (SIAP, 2020). Para el mismo año, en el Estado de México se cultivaron 475 000 ha de maíz, que representa 54% de la superficie agrícola en la entidad (INEGI, 2020), con un rendimiento promedio de 3.97 t ha⁻¹ (menor al promedio nacional de 4.07 t ha⁻¹) con una producción de 1.87 millones de toneladas, que significó 44% del valor de la producción (SIAP, 2020).

Existen diversos sistemas de producción de maíz en el estado (Robles-Berlanga, 2016) desde los tradicionales de subsistencia hasta los más tecnificados (SIAP, 2013). Los sistemas tradicionales están vinculados a pequeñas unidades de producción (UP) ejidales o de propiedad privada (Dufumier, 1993); según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019, para maíz blanco 64% de los estratos se conformaban en superficie sembrada menor a 5 ha y 36% con más de 5 ha en el Estado de México (INEGI, 2020).

En el Estado de México, 44% de la superficie sembrada en la entidad utiliza semilla mejorada y 89% se fertiliza (SIAP, 2018). El 57% de las UP utilizan tractores y de estos 85.8% son rentados (INEGI, 2017). Dichos datos indican que los pequeños productores deben buscar soluciones a problemas comunes como la falta de escala productiva (Liendo y Martínez, 2001); sin embargo, éste tipo de productores pueden estar limitados entre otras cosas por la carencia de cultura organizativa, liderazgo, falta de políticas públicas que fomenten la organización (Barrios-Puente, *et al.*, 2020); sin embargo, los productores no organizados carecen de beneficios como el acopio, acceso al crédito y apoyos para la compra de maquinaria e insumos (Quintana, 2014). El pertenecer a una organización les permite no solo compras colectivas sino economías de escala (Barrios-Puente *et al.*, 2020).

La optimización del uso de los recursos mínimos invertidos por pequeños productores está en función su organización para compartir gastos en la compra y movilización de insumos, producción, así como maquinaria que permita reducir costos unitarios y acercarse al nivel óptimo de producción de la escala productiva en la que encuentran, por esta razón los gobiernos federal y estatal han fomentado la unión de productores para adquirir créditos y maquinaria; sin embargo, pocas veces consideran optimizar el uso de los recursos mínimos que requiere el productor en relación a su nivel de producción (SAGARPA, 2016).

La situación anterior genera la interrogante ¿cuál es la superficie y cuantos productores se deberían agrupar en promedio para optimizar los recursos mínimos requeridos? Es difícil establecer el número exacto de productores porque existe un sin número de condiciones; sin embargo, se puede establecer un referente. El cual está alineado completamente con los objetivos 1 y 8 de desarrollo sostenible propuesto por la ONU donde la reducción de la pobreza y el incremento de la productividad son esenciales para el desarrollo de un país (CEPAL, 2016).

Para lo cual, se propone un análisis documental de requerimientos de recursos para el caso específico de la producción de maíz como una solución viable para que los productores puedan presentar un nivel de costos más competitivos, así como decidir en qué nivel de asociación se pueden o quieren involucrarse. El análisis se realiza para productores de maíz del Estado de México por Distrito de Desarrollo Rural (DDR).

Materiales y métodos

Basados en Varian (2010), los beneficios se definen como la diferencia entre los ingresos totales (IT) y los costos totales (CT), los costos totales (CT) se definen como el valor monetario de las cantidades de los factores que se han utilizado en un determinado volumen de producción y venta de la mercancía. Los costos se dividen en: a) costos variables (CVT) que son los desembolsos por el pago de todos los insumos variables en los que incurre la empresa por unidad de tiempo para obtener la producción; y b) costos fijos (CFT) que son los gastos que incurre una empresa por unidad de tiempo por todos los insumos fijos que utiliza y se pagan independientemente de que se produzca o no. Esto es: $\pi = \sum_{i=1}^n p_i y_i - \sum_{i=1}^m w_i x_i + b$ (1). Donde y_i es la producción de bien i ; p_i es el precio del bien i ; x_i es la cantidad usada del factor variable para producir el bien i ; w_i es el precio del factor y ; b es el costo fijo. El costo medio total (CMT), el costo variable medio (CVM) y el costo fijo medio (CFM) se obtienen dividiendo, los CT, CVT y CFT entre el volumen de producción obtenido, el costo marginal (CMg) y el ingreso marginal (IMg) en el cambio en el CT e ingreso total debido al cambio de una unidad en la producción (Figura 1a).

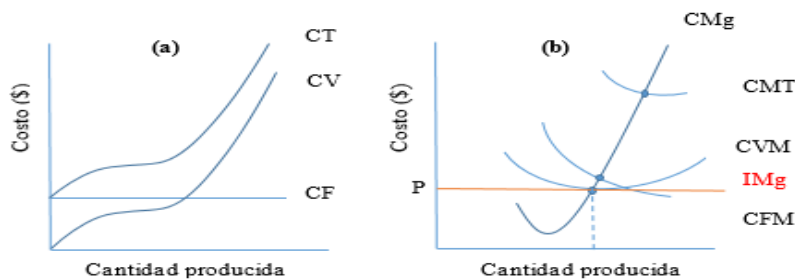


Figura 1. Curvas de CT, CV, CF, CMT, CVM, CFM y CMg (García-Mata *et al.*, 2003).

El principio de optimización de ganancia en un mercado competitivo indica que el productor optimiza el uso de sus recursos hasta el punto donde el IMg es igual al CMg e iguala al precio (P) (Figura 1b); mientras que, el CVM mínimo determina el mínimo de la explotación. El cruce del CMT mínimo y el CMg determinan el óptimo de explotación, a partir del cual la empresa comienza a tener ganancias (Tomek y Robinson, 1991 citado por García-Mata *et al.*, 2003).

La eficiencia económica requiere tomar ventaja de las económicas de escala (si existen) para impulsar hacia abajo los costos (Case *et al.*, 2012), un pequeño productor con frecuencia no puede tomar ventaja de las economías de escala derivado de los pequeños volúmenes requeridos, tiene que tomar los precios en el mercado al menudeo, pagando un sobre precio del insumo o servicio o bien subutiliza la infraestructura al adaptarse a los estándares más cercanos a la escala productiva (Figura 2a), cuando debería estar en la escala óptima única de la planta que es donde se minimiza el costo promedio total (al no existir un mayor medio para bajar los costos) y es ahí donde se encuentra la eficiencia económica (Figura 2b).

La competencia obliga a llegar al punto (b) en el largo plazo (CMg a corto plazo iguala al CML), aunque se requiere de un tiempo indeterminado para que se ajuste o salga del mercado mientras tanto estará trabajando con ineficiencia económica (Figura 2). La propuesta metodológica entonces parte de la definición de 'eficiencia económica' donde los costos unitarios promedio son la base para establecer una comparación entre los costos de un pequeño productor promedio y los costos unitarios de productores en economías de escala respecto a la movilización de insumos, producción y costo de servicio de labores agrícolas.

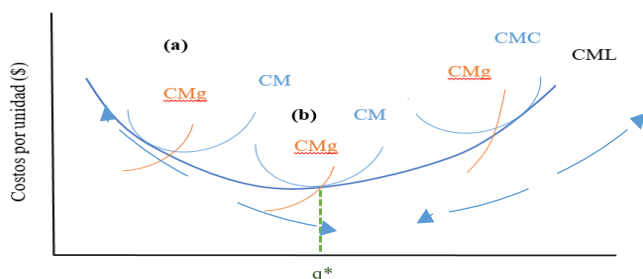


Figura 2. Escala óptima única de la planta (Case, 2012).

La lógica parte de conocer en primera instancia el tamaño de las unidades de producción (UP) promedio en el Estado de México, así como sus costos unitarios promedio de producción de maíz en la entidad; por otro lado, proponer la optimización de los costos haciendo uso de economías de escala respecto a la movilización de insumos, producción y costo de servicio de labores agrícolas.

A partir de dicha información se estimó un número de hectáreas o unidad de producción ideal (UPI) para realizar cada una de las actividades de movilización de semilla, fertilizantes, labores agrícolas y movilización de la producción; asimismo, una UPI integral que considere las cuatro actividades. El costo unitario en la entidad se estableció a partir del costo total y el volumen movilizado por ha; los costos unitarios de transporte parten de un promedio de cotizaciones de la renta de unidades de transporte en diferentes distritos y su capacidad de carga (CC), que es el peso máximo de la carga que un vehículo puede transportar en condiciones de seguridad y para el cual fue diseñado por el fabricante (SCT, 2017).

Para establecer la superficie mínima que se requiere para alcanzar los volúmenes de las diferentes unidades de carga para transportar insumos y movilización de grano; y la adquisición de maquinaria (tractor) a partir de su rentabilidad, se consideraron i Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y j unidades de transporte. Dichas superficies se determinan como: $S_{RSM_{ji}} = CC_j / RS_i - 1$; $S_{RF_{ij}} = CC_j / RF_i - 2$; $S_{RcTR_a} = IM_a - 3$; $S_{RCM_{ji}} = CC_j / RCT_i - 4$. Donde: $S_{RSM_{ji}}$ es la superficie requerida para optimizar el costo de movilización de semilla mejorada o bien superficie requerida que se tiene que asociar para ocupar la CC de una unidad de transporte j para la movilización de semilla de las casa productora a la parcela en el DDR i ; CC_j es la CC de la unidad de transporte j ; RS_i son los requerimientos de semilla por hectárea en el DDR i ; $S_{RF_{ij}}$ es la superficie requerida para optimizar costos de movilización de fertilizante o bien la superficie que se tiene que asociar para ocupar la CC de una unidad de transporte j para movilizar fertilizante del centro de abastecimiento a la parcela.

En el DDR i ; RF_i es el requerimiento de fertilizante en $kg\ ha^{-1}$ en el DDR i . S_{RcTR_a} es la superficie requerida para adquirir maquinaria; IM_a es el índice de mecanización, que indica el número de ha a partir de las cuales un tractor es rentable (Ochoa-Bijarro, 2010); $S_{RCM_{ji}}$ es la superficie requerida para optimizar costos de movilización de maíz, es la superficie mínima que se tiene que asociar para ocupar la totalidad de la CC de una unidad de transporte j para movilizar la producción del DDR i a los centros de almacenamiento; RCT_i es el rendimiento obtenido en cada DDR i . La determinación de la UPI para semilla (UPISM), fertilizante (UPIF), maquinaria (UPITR) y movilización de producción (UPICM) parten de la superficie requerida para llevar a cabo cada una

de las actividades por DDR y el tamaño de la UP promedio en cada DDR, para observar los diferentes niveles de integración, mientras que la UPI integral propone la superficie mínima requerida y la asociación de UP por DDR para las cuatro actividades y niveles de integración (ecuaciones 5 a 8). $UPISM_i = SRSM_{ij}/UP_i$ 5); $UPIF_i = SRF_{ij}/UP_i$ 6); $UPITR_{ia} = SRcTR_a/UP_i$ 7); $UPICM_i = SRCM_{ij}/UP_i$ 8).

Datos

Las unidades de carga seleccionadas en el presente trabajo se refieren a 1, 5, 8, 16, 30 y 40 t (SCT, 2017). Los costos por unidad de carga se obtuvieron de cotizar siete microempresas locales vía telefónica que movilizan mercancía en un radio no mayor a 20 km de los municipios de San Felipe del progreso, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Almoloya de Juárez y Toluca, dichos municipios fueron considerados en función de la alta producción y reducido tamaño de las UP. Los costos unitarios de movilización de semilla y fertilizante, así como los costos de labores agrícolas en la entidad se refieren al régimen de humedad por gravedad-fertilizado-mejorado (GMF) y se obtuvieron de SADER (2019).

Los requerimientos de semilla mejorada por hectárea, las dosis y volúmenes de fertilizante en el Estado de México por DDR se tomaron de INIFAP (2017). El costo horario de tractor se estimó a partir de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC, 2019), el costo horario de los implementos se obtuvo de Velasco y González (2007).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan el costo unitario de transportar unidades de 50 kg, según el tamaño de la unidad de carga, partiendo del referente del costo unitario promedio en la entidad (\$50 pesos) (SADER, 2019), todos los costos unitarios de carga están por debajo del referente, lo que refleja reducciones en costos unitarios.

Cuadro 1. Costos unitarios de transporte local, 2019. Cifras en pesos.

Capacidad de carga CCI (t) [†] y número de sacos 50 kg	Costo transporte (\$)	Costo unitario por traslado de unidad transportada (50 kg)	Costo unitario por carga y descarga (50 kg)	Costo total por unidad de 50 kg	Reducción de costo respecto SADER (2019) ^{††} (%)	
1 t (CC1)	20	900.00	30.00	15.00	45.00	10
5 t (CC2)	100	3 666.67	22.67	14.00	36.67	26.66
8 t (CC3)	160	5 300.8	21.88	11.25	33.12	33.76
16 t (CC4)	320	9 859.2	20.31	10.50	30.81	38.38
30 t (CC5)	600	16 500.00	19.00	8.50	27.50	45
40 t (CC6)	800	20 800.00	18.00	8.00	26.00	48

Elaborado a partir de cotizaciones locales a fletes 2019 y SCT (2017). [†]CC1 Y CC2= cabina de 1 y 5 T; CC3= rabon (1 eje) 6.5*2.5*2.4 m para carga seca; CC4= torton (2 ejes) 6.5*2.5*2.4 m para carga seca; CC5= tractor semirremolque 15.9*2.5*2.5 carga seca. CC6= camión remolque (5 ejes) 31*2.5*2.5 carga seca. Costo unitario= (CCI/50 kg)^{††} reducción de costo: (costo unitario promedio SADER (2019)-costo unitario CCI)/ costo unitario promedio (SAGARPA, 2019).

A continuación, se presentan las UPISM, UPIF, UPITR, UPICM Y UPI Integral, en cada uno se puede observar la superficie involucrada y el número de UP que se tienen que asociar para bajar costos de movilización de insumos, producción y adquisición de maquinaria de manera rentable. La UPI para la movilización de semilla mejorada (UPISM) se determinó a partir de los datos de la agenda técnica de INIFAP que recomienda entre 25 y 30 kg ha⁻¹ de semilla en la entidad.

Se consideró como unidad mínima de carga un transporte con capacidad de una tonelada, el cual tiene un costo de 900 pesos (Cuadro 1); es decir, un costo unitario por hectárea de 22.5 pesos (40 unidades de 25 kg) siempre y cuando se ocupe la totalidad de la CC, lo que reduce el costo unitario en 55% respecto a los costos de SADER, (2019) e involucra entre 33 y 40 ha o la asociación de 6 a 27 UP promedio según el DDR. El transporte con CC de 5 t que involucra alrededor de 200 ha, escenario que podría beneficiar al DDR Tejupilco por contar con superficies promedio mayores al resto de los distritos, el cual requiere la organización de alrededor de 30 unidades de producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimaciones de la UPI para la movilización de semilla mejorada (UPISM) por DDR.

DDR	Requerimiento semilla (t ha ⁻¹) INIFAP (2017)	UP _{promedio} (ha)	Requerimiento de superficie por capacidad de carga (CCi) [†] por hectárea		UPSM ^{††}	
			CC1	CC2	1	2
Atlacomulco	0.025	1.98	40	200	20.2	101.01
Coatepec H.	0.03	2.35	33	166	14.18	70.92
Jilotepec	0.03	3.25	33	166	10.27	51.35
Tejupilco	0.025	6.59	40	200	6.07	30.35
Texcoco	0.025	2.04	40	200	19.61	98.04
Toluca	0.025	1.5	40	200	26.68	133.4
Valle de B	0.03	4.25	33	167	7.83	39.17
Zumpango	0.025	2.97	40	200	13.49	67.44

Elaboración propia con datos cotizados de fletes en el Estado de México, INEGI (2007) e INIFAP (2017).
[†]CCi/requerimiento de insumo por ha por DDRi (ej. caso CC1: 1 t/0.025 t); ^{††}CCi/requerimiento por UP_{promedio} por DDRi; donde CCi se refieren a CC1: 1 t, CC2: 5 t.

UPI para la movilización de fertilizante (UPIF) considera el volumen requerido para fertilización de una hectárea, el cual oscila entre 326 y 556 kg (entre 7 y 11 sacos de 50 kg) mientras que por UP promedio se requiere entre 0.59 y 2.15 t, según las necesidades de fertilizante y tamaño de la UP por DDR. Estimaciones de la SADER (2019) muestran que el costo promedio de movilizar el fertilizante por hectárea es 350 pesos (7 sacos de 50 kg); es decir, un costo unitario promedio de 50 pesos por unidad envasada de 50 kg. En el Cuadro 3 se observa el gasto de acarreo de fertilizante por hectárea de la casa distribuidora a la parcela.

Para el caso de fertilizante, la unidad de carga de una tonelada es suficiente para la UP promedio de Coatepec Harinas y Zumpango, la cual alcanza una reducción de costos cercana al 10%. Sin embargo, para las UP de Texcoco y Toluca presentan una subutilización importante. El Cuadro 3 UPIF (1); por lo tanto, es recomendable asociarse para alcanzar mayores volúmenes que permitan reducir el costo. Para el resto de los distritos la CC es insuficiente (Cuadro 3). En el caso de la

unidad de carga con capacidad de 5 t, la superficie involucrada oscila entre 9 y 15 ha, los DDR que requieren una mayor cantidad de productores fueron Toluca, Texcoco, Atlacomulco y la reducción de costos representó 27%. Para la unidad de transporte de 8 t se requiere una agrupación de ente 14 y 25 ha o la integración entre 3 y 14 UP, para esta CC es viable los DDR Atlacomulco, Coatepec Harinas, Texcoco y Zumpango, con una reducción de costos de 34%. Para una unidad de 16 t, Jilotepec, Tejupilco y Valle de Bravo requieren una integración menor a 10 UP y representa una reducción de 38%.

Cuadro 3. Estimaciones de la UPI para la movilización de fertilizante (UPIF) por DDR.

DDR	Requerimiento fertilizante ^{†††} (t ha ⁻¹)	UP _{promedio} (ha)	Requerimiento de superficie por capacidad de carga (CCi) [†] por hectárea				UPIF ^{††}			
			CC1	CC2	CC3	CC4	1	2	3	4
			Atlacomulco	0.407	1.98	2.46	12.29	19.66	39.31	1.24
Coatepec H.	0.391	2.35	2.16	12.79	20.46	40.92	0.92	5.44	8.71	17.41
Jilotepec	0.558	3.25	5.88	8.96	14.34	28.67	1.81	2.76	4.42	8.83
Tejupilco	0.408	6.59	17.7	12.27	19.63	39.26	2.69	1.86	2.98	5.96
Texcoco	0.326	2.47	1.99	15.34	24.54	49.08	0.8	6.21	9.94	19.89
Toluca	0.396	1.5	0.89	12.64	20.23	40.46	0.59	8.43	13.49	26.98
Valle de B.	0.391	4.25	7.08	12.78	20.44	40.89	1.66	3	4.8	9.61
Zumpango	0.326	2.97	2.87	15.34	24.54	49.08	0.97	5.17	8.28	16.55

Elaboración con datos cotizados de fletes en el Estado de México (INEGI, 2007; INIFAP, 2017). [†]= CCi/requerimiento de insumo por hectárea por DDRi (ej. CC1= Atlacomulco 1 t /0.407 t =2.46); ^{††}= CCi/requerimiento de insumo por UP_{promedio} por DDRi; donde CC1: 1 t, CC2: 5 t, CC3: 8 t, CC4:16 t. ^{†††}= los tipos de fertilizantes se refieren a urea, superfosfato de calcio triple, cloruro de potasio.

UPI para la adquisición de maquinaria (UPITR) permite reducir costos de producción, tiempo y mano de obra, puesto que la entidad se caracteriza en primer lugar por el uso de tractores con potencia mayor a la requerida (70 Hp) en pequeñas superficies (Ochoa-Bijarro, 2010), lo que implica mayores costos de combustible, en segundo lugar, la utilización de ha tractor⁻¹ por debajo del recomendado por la FAO, lo que genera una subutilización del equipo a largo plazo. En este sentido Hernández-Ávila (2020) menciona que en Zinacantepec predominan tractores de 80 y 90 Hp con 13.8 ha tractor⁻¹, en Atlacomulco se evidencia utilización de tractores por arriba de 80 Hp en pequeñas UP con 10.96 ha tractor⁻¹ (Larqué-Saavedra, 2012). Amecameca y Texcoco con situaciones similares, pero con mejor aprovechamiento de 27.8 ha tractor⁻¹ (Sánchez-Hernández, 2014).

Por otra parte, el índice de mecanización es un parámetro económico productivo y es determinado a partir de su rentabilidad (un tractor es rentable si cumple con las horas de uso recomendadas para una correcta amortización). Además, que sus operaciones no generen retrasos en el ciclo agrícola (Ramírez-Valverde *et al.*, 2007). Dicho índice está sujeto al tipo de cultivo, sistema de labranza e incluso las condiciones propias del suelo y puede ver afectado también por el relieve.

El índice uno de mecanización considera un tractor rentable a partir de 25 ha tractor⁻¹ (Masera-Cerutti, 1990) donde la asociación de UP promedio oscilaría entre 4 y 17. El segundo índice es de 40 ha tractor⁻¹ recomendado para un sistema convencional de cultivos como maíz y frijol. El tercer índice de mecanización es el recomendado por la FAO de 50 ha tractor⁻¹ (Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2018) y el último involucra 60 ha tractor⁻¹ para labranza mínima para maíz y frijol (Ochoa-Bijarro, 2010). Para determinar la adquisición de maquinaria, se estimó el costo horario de maquinaria para atender superficies de 25, 40, 80 y 120 ha año⁻¹ *versus* el costo de la renta del servicio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estimación costo horario de tractor + implemento vs servicios de maquinaria.

Número de hectáreas atendidas	25	40	80	120
Horas uso año ⁻¹ (tractor 70 hp)	75	120	240	360
Costo horario (\$)†	709.80	620.70	546.45	521.70
Horas uso año ⁻¹ (implemento)	25	40	80	120
Costo horario†† rastra de 20 discos (\$)	130.19	110.49	94.07	88.59
Costo horario arado 3 discos (\$)	89.90	74.18	61.08	56.72
Costo horario sembradora-fertilizadora (\$)	326.12	244.23	174.08	151.33
Servicio de maquinaria†††	Costo tractor + implemento			
Rastra de 20 discos 800.00	839.99	731.18	640.51	610.29
Arado 3 discos 1 000.00	799.70	694.88	607.53	578.41
Sembradora fertilizadora 750.00	1 035.91	864.93	720.53	673.03
Total 2 550.00	2 675.60	2 290.99	1 968.57	1 861.73

†= (CMIC, 2019) el costo horario se calculó sobre un costo 760 000 con una vida útil de 10 000. Las horas de trabajo se estimaron en función de su utilización con implementos. ††= Velasco y González. (2007). Para la rastra de discos y el arado se consideró una vida útil 3 000 h, con un valor en 2019 de 107 565 y 73 000 pesos, respectivamente, para el caso de la sembradora con una vida útil 2 000 h con valor de 127 080; †††= SADER (2019).

Para el primer índice fue preferible pagar por los servicios que adquirir un tractor con sus implementos. Sin embargo, a partir de 40 ha se presentan un costo horario menor al que se paga por la renta de maquinaria. Los costos se redujeron en 10, 23 y 27%, respectivamente. Para efectos de este estudio se considerará como superficie mínima para adquirir un tractor el índice de Ochoa-Bijarro (2010). La agrupación de 40 ha fue recomendable para Toluca derivado de las pequeñas UP e implica la asociación de 27 UP, para Atlacomulco, Texcoco y Coatepec H. la superficie recomendada fue de 80 ha, es decir la asociación de 35 a 40 UP, para Jilotepec, Tejupilco y Zumpango se sugiere la agrupación de 120 ha lo que implica de 30 y 40 UP, lo que permitiría una mayor rentabilidad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estimaciones de la UPI para la adquisición de maquinaria (UPITR) por DDR.

DDR	UP _{promedio}	UP promedio asociadas para abatir costos en labores agrícolas para una superficie†		
		40 ha	80 ha	120 ha
Atlacomulco	1.98	20.2	40.4	60.61
Coatepec H.	2.35	17.02	34.04	51.06
Jilotepec	3.25	12.32	24.65	36.97

DDR	UP _{promedio}	UP promedio asociadas para abatir costos en labores agrícolas para una superficie [†]		
		40 ha	80 ha	120 ha
Tejupilco	6.59	6.07	12.14	18.21
Texcoco	2.04	19.56	39.12	58.68
Toluca	1.5	26.68	53.36	80.04
Valle de B.	4.25	9.4	18.8	28.2
Zumpango	2.97	13.49	26.98	40.47

Elaborado con datos estimados e INEGI (2007). [†]Superficie_i/UP_{promedio} por DDR_i (ej. Atlacomulco 40/1.98= 20.2).

La organización de productores permitiría realizarlo a menores costos, según los rendimientos y el tamaño de la UP promedio, los volúmenes de producción por UP varían entre 6 y 15 t. Se consideró transporte con capacidad de 16, 30 y 40 t, el requerimiento de asociación para una unidad de 16 t es de 1 y 3 UP y permite una reducción de 38%, una unidad de 30 t requiere la integración de 2 a 5 UP y una reducción de 45%, por último, para la unidad de 40 t, Valle de Bravo, Tejupilco y Jilotepec requieren la menor agrupación de UP y permite una reducción de 48% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estimaciones de la UPI para la movilización de la producción (UPICM) por DDR.

DDR	UP _{promedio} (ha)	Rendimiento _{promedio} 2018 (t ha ⁻¹)	Superficie requerida (ha) para diferentes capacidades de carga (CC) [†]			UPICM ^{††}		
			CC4	CC5	CC6	1	2	3
Atlacomulco	1.98	4.57	3.5	6.56	8.75	1.76	3.31	4.41
Coatepec H.	2.35	4.11	3.89	7.3	9.73	1.66	3.11	4.14
Jilotepec	3.25	3.15	5.08	9.52	12.7	1.56	2.93	3.91
Tejupilco	6.59	1.66	9.64	18.07	24.1	1.46	2.74	3.66
Texcoco	2.04	3.19	5.02	9.4	12.54	2.46	4.61	6.15
Toluca	1.5	3.77	4.24	7.96	10.61	2.83	5.31	7.08
Valle de B.	4.25	3.61	4.43	8.31	11.08	1.04	1.95	2.6
Zumpango	2.97	1.95	8.21	15.38	20.51	2.77	5.19	6.92

Elaborado con datos disponibles de SIAP (2020); INEGI (2007) [†]= CC_i/rendimiento_{promedio} por DDR_i por hectárea; ^{††}= CC_i/(rendimiento por hectárea DDR_i*UP_{promedio} por DDR_i); donde CC4:16 t, CC5: 30 t; CC6: 40 t.

UPI integral, tiene el objetivo de agrupar el menor número de productores o unidades de producción para llevar a cabo las cuatro actividades de manera conjunta, en cada una se presenta una reducción de costos a partir de diferentes capacidades de carga, el número de productores y UP se estableció en función de la superficie mínima que se requiere para aprovechar la unidad de carga con menor capacidad (CC1), la cual se refiere a la movilización de semilla (derivado del bajo volumen requerido por ha), que involucra alrededor de 40 ha (Cuadro 2), la cual se definió como la superficie mínima para llevar a cabo las cuatro actividades.

La movilización de fertilizante para 40 ha requiere un transporte con capacidad de 16 t (Cuadro 3). El índice de mecanización a partir del cual un tractor es rentable se refiere a 40 ha (Cuadro 4) la movilización de la producción a pie de parcela a las áreas de almacenamiento y venta de 40 ha, implica el acarreo de 70 a 180 t según el rendimiento por hectárea en cada DDR, para lo cual se sugiere unidades con CC de 40 t. Para el caso de Tejupilco y Zumpango se requieren dos unidades de transporte, para Jilotepec y Texcoco tres y para el resto de los distritos cuatro.

Conclusiones

En el caso de movilización de semilla, la superficie mínima requerida involucra entre 33 a 40 ha, la UPI ideal sería la asociación entre 6 (Tejupilco) y 27 UP (Toluca) que reduce 55% el costo de acarreo. Para el caso de Tejupilco que cuenta con UP más grandes permiten agrupaciones con un mayor número de productores, lo que se traduce en una mayor reducción de costos. Para la movilización de fertilizante la unidad de carga de una tonelada permite una reducción de 10% e implica la asociación de uno a tres productores, la unidad de cinco toneladas reduce el costo en 27% y es recomendable para los casos de Toluca, Texcoco y Atlacomulco por el tamaño de asociación.

La agrupación de productores para la adquisición de maquinaria (tractor) es de 40 ha, lo que implica una reducción de 10% del costo, cabe destacar que dicho costo representa 20% de los costos totales de producción. Respecto a la movilización de la producción, la unión de pocos productores permite una reducción de costos importantes (1 a 3 UP con una reducción del costo en 38%). La UPI Integral que considera semilla y fertilizante, adquisición de maquinaria y movilización de la producción sugiere la agrupación de alrededor de 40 ha para reducir los costos en 55, 38, 10 y 48%, respectivamente. Cabe destacar que la integración y asociación de productores de mayor tamaño permite una mayor reducción de costos, pero implica una mayor organización de productores, así como de logística para llevarlo a cabo con éxito.

Literatura citada

- Barrios-Puente, J.; González-López, M.; Sangerman-Jarquín, D. M.; Pérez-Soto, F.; Jerónimo-Ascencio, F. y Rosales-Hortiales, A. 2020. La desorganización campesina de los maiceros de Huandacareo, Michoacán: razones y trascendencia. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 11(7):1549-1563. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2672/3541>.
- CMIC. 2019. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Catálogo de costos horarios de maquinaria 2019. México, DF. 212 p.
- Case, K. E.; Fair, R. C. y Oster, S. M. 2012. Principios de microeconomía. 10^{ma}. Ed. Prentice Hall. México, DF. 504 p.
- CEPAL. 2016. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, una oportunidad para América Latina y el caribe. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311197/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf>.
- De los Santos-Ramos, M.; Romero-Rosales, T. y Bobadilla-Soto, E. E. 2017. Dinámica de la producción Agron. *Mesoam.* 28(2): 439-453. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43750618008/html/index.html>.

- Dufumier, M. 1993. La importancia de la tipología de las unidades de producción agrícolas en el análisis diagnóstico de realidades agrarias *In*: sistemas de producción y desarrollo agrícola. Colegio de Postgraduados. 211-218 pp.
- García-Mata, R.; García-Salazar, J. A. y García-Sánchez, R. 2003. Teorías del mercado de productos agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 382 p.
- Gutiérrez-Rodríguez, F; Hernández-Ávila, J.; González-Huerta, A.; Pérez-López, D. J.; Serrato-Cuevas, R. y Laguna-Cerda, A. 2018. Diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 9(8):1739-1750. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1549> .
- Hernández-Ávila, J.; Gutiérrez-Rodríguez, F.; González-Huerta, A. y Bailón-Sáenz, H. C. 2020. Nivel de mecanización agrícola en el municipio de Zinacantepec, Estado de México. *Ciencia Ergo-sum.* 27(1)|e75:1-13. <https://doi.org/10.30878/ces.v27n1a7>.
- INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Nacional Agropecuario. Número y superficie total de unidades de producción en el Estado de México Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/default.html#Tabulados>.
- INEGI. 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Tabulado ena17-ent-maq02 y glosario. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/default.html#Tabulados>.
- INIFAP. 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agenda Técnica Agrícola del Estado de México. Segunda edición. Impreso en México. 423 p. https://vun.inifap.gob.mx/VUN-MEDIA/BibliotecaWeb/_media/-agendas/4128-4825-Agenda.T%c3%a9cnica.Estado.de.M%c3%a9xico.2017.pdf.
- INEGI. 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Superficie cultivada y producción maíz amarillo y maíz blanco por entidad federativa. Datos de octubre de 2018 a septiembre de 2019. ena19-str-sup-cult-agri02.xlsx (live.com).
- Masera-Cerutti, O. 1990. Crisis y mecanización de la agricultura campesina. Colegio de México, Ed. México, DF. 1990. 226 p.
- Larqué-Saavedra, B. S.; Cortés-Espinoza, L.; Sánchez-Hernández, M. A.; Ayala-Garay, A. V. y Sangerman-Jarquín, D. M. 2012. Análisis de la mecanización agrícola de la región Atlacomulco, Estado de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(esp.):825-837.
- Liendo, M. G. y Martínez, A. M. 2001. Una alternativa para el desarrollo y crecimiento de las PYMES. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Escuela de Economía. Instituto de Investigaciones Científicas. Sexta jornada de ciencias económicas y estadística. Asociatividad. 311-319 pp.
- Ochoa-Bijarro, J. G. 2010. Estudio del parque de maquinaria agrícola en el Estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 103 p. <https://docplayer.es/36185232-Gobierno-del-estado-de-mexico-sedagro-estudio-del-parque-de-maquinaria-agricola-en-el-estado-de-mexico.html>.
- Quintana, A. L. 2014. Beneficios de la asociatividad en la pequeña agricultura. Conveagro. III Seminario Internacional de Servicios Financieros Rurales. Lima, Perú. 1-27 pp.

- Ramírez-Valverde, B.; Ramírez-Valverde, G.; Juárez-Sánchez, J. P. y Cesín-Vargas, A. 2007. Tecnología e implementos agrícolas: estudio longitudinal en una región campesina de Puebla, México. *Rev. Geo. Agríc.* 38(1):55-70.
- Robles-Berlangua, H. M. 2016. La pequeña agricultura campesina y familiar: construyendo una propuesta desde la sociedad. *Entre diversidades. Rev. Cienc. Soc. Hum.* 7(1):46-83. <http://www.redgtd.org/centrodoc/bd.archivos/articulo.hector-robles.pdf>.
- SADER. 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Costos de producción primavera-verano 2018. Delegación del Estado de México. Área de producción estadística. Delegación de Edoméx de manera digital.
- SAGARPA. 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programas SAGARPA. Reglas de operación 2016. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44530/Reglas-Operacion-2016-sagarpa.pdf>.
- Sánchez-Hernández, M. A.; Ayala-Garay, A. V.; Cervantes-Osornio, R.; Garay-Hernández, M.; De la O-Olán, M.; Martínez-Trejo, 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. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v11n4/v11n4a4.pdf>.
- SCT. 2017. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017.
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. Superficie sembrada, producción, rendimientos, valor de la producción por entidad y municipio, año 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadística de uso tecnológico. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/tecnologia/Semilla%20Mejorada-Criolla.pdf>.
- SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. SADER. 123 p. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/Estadisticaderivada/comercioexterior/estudios/perspectivas/maiz96-12.pdf.
- Tomek, W. G. and Robinson, K. L. 1991. *Agricultural product price*. Third edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. 367 p.
- Varian, R. H. 2010. *Microeconomía intermedia*. Universidad de California, 8^{va}. Ed. Bosch, A. Ed. Barcelona, España. 361 p.
- Velasco, H. R. y González, U. J. 2007. Costo de operación o uso de maquinaria agrícola ¿Cómo evaluarlo? Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA). Quilamapu. Transferencia Tecnológica y Extensión. Santiago de Chile. 42-51 pp.