



ADOPCIÓN TECNOLÓGICA DE SURCOS-DOBLE HILERA CON PILETEO EN CEBADA MALTERA¹

[TECHNOLOGY ADOPTION OF DOUBLE LINE SEEDING ON A ROW WITH BASIN PLANTING SYSTEM IN MALTING BARLEY]

B.I. Sánchez-Toledano^{1*}, J.A. Zegbe¹, J.J. Espinoza-Arellano² and A.F.
Rumayor-Rodríguez¹

¹Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo. 98500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. Email: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

²Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Boulevard José Santos Valdés No. 1200 Pte. Col. Mariano Matamoros. 27440, Matamoros, Coahuila, México

* Corresponding author

RESUMEN

La cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) de temporal (secano) ha sido sembrada tradicionalmente con el sistema de siembra al voleo. Este sistema ha generado problemas de erosión del suelo por escurrimiento y baja productividad en Zacatecas, México. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias desarrolló una tecnología alterna llamada siembra en surcos a doble hilera y pileteo (SSDHP) para este cultivo. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el grado de adopción de SSDHP, caracterizar a los usuarios de la tecnología e identificar los factores asociados con la adopción de esta tecnología en Zacatecas, México. La información se recabó en 2009 y 2010 por encuesta aplicada a 135 productores en nueve municipios de Zacatecas. Se estimó un índice de adopción de 27 % para esta tecnología. Los adoptantes tenían más experiencia en el cultivo, mayor nivel educativo que otros grupos de productores y mayor superficie de siembra con este cultivo. Los productores que adoptaron esta tecnología reconocieron que el SSDHP incrementó el rendimiento, redujo la cantidad de semilla para la siembra, y disminuyó costos de producción. Se determinó que los factores que limitan la adopción de la tecnología SSDHP en Zacatecas son, principalmente, la falta de recursos económicos, la reducida disponibilidad de maquinaria agrícola especializada para realizar SSDHP y la poca o nula asistencia técnica.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*; siembra al voleo; implementos agrícolas; innovación y transferencia tecnológica.

SUMMARY

The rainfed malting barley crop has been sown traditionally with the direct seeding system. This seeding system has led to runoff soil erosion problems and low productivity in Zacatecas, México. The Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias developed an alternative technology called double line seeding on a row with basin planting system (DLSRBPS) for this crop. The objectives of this study were to evaluate the extent of DLSRBPS adoption, characterize the technology users, and identify factors associated with the adoption of this technology in Zacatecas, México. The information was collected during 2009 and 2010 through surveys applied to 135 farmers in nine municipalities of Zacatecas. An adoption rate of 27 % for the DLSRBPS technology was estimated. Growers that adopted this technology had more experience in this crop, their educational level was higher than other farmer groups, and they planted a large area with this crop. Using the DLSRBPS technology, farmers noticed increased yields, reduced amount of seed at planting time and production costs. Lack of economic resources, limited availability of specialized agricultural machinery for the DLSRBPS technology, and little or no technical assistance were the main limiting factors for using the DLSRBPS technology in Zacatecas.

Key words: *Hordeum vulgare*; broadcast seeding; agricultural machinery; innovation and technology transfer.

¹ Submitted October 17, 2014 – Accepted November 14, 2016. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo de importancia económica y social para el Estado de Zacatecas. Con base en la información estadística de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) Zacatecas, en 2015 se sembraron aproximadamente 50, 000 ha de cebada bajo condiciones de temporal (secano) generando una producción de 46, 000 Tn que alcanzó un valor superior a 189 millones de pesos y generó alrededor de 550 mil jornales (SAGARPA 2016). Este cultivo adquirió importancia como resultado del establecimiento de una empresa cervecera multinacional, la cual asegura la comercialización del producto. Sin embargo, la producción de cebada debe ser competitiva para que los productores zacatecanos puedan mantenerse como principales proveedores de materia prima para la industria cervecera. En consecuencia, el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías para este cultivo son de importancia económica y social.

En el Estado de Zacatecas la cebada maltera se ha sembrado tradicionalmente en secano y la semilla se siembra al voleo sobre la superficie del suelo plano. Sin embargo, después de la primera lluvia el suelo se compacta lo que induce erosión y pérdida de agua por escorrentía (Galindo *et al.*, 2005). Este manejo tecnológico promueve déficit de humedad en el suelo, el cual se manifiesta en un bajo rendimiento de forraje y de grano (Cabañas *et al.*, 2004). Ante esta situación, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) diseñó un sistema de siembra alternativo al tradicional (al voleo). En el nuevo sistema de siembra se utilizan surcos y un implemento agrícola llamado pileteadora diseñado para que al momento de la siembra, fuese capaz de contraer (piletear) los surcos y así captar y retener agua de lluvia para incrementar la productividad de la cebada maltera. Como resultado se obtuvo la innovación tecnológica conocida ahora como siembra en surcos a doble hilera y pileteo (SSDHP) (Cabañas *et al.*, 2004).

En este sistema la semilla se siembra a doble hilera en el lomo del surco con espaciamiento entre hileras a 20 cm y 76 cm entre surcos. La semilla se deposita a una profundidad de 6 a 8 cm a lo largo del surco. Con este método se reduce el uso de semilla certificada porque en la siembra al voleo se utilizan 130 kg de semilla mientras que con el SSDHP se utilizan entre 75 y 100 kg (Cabañas *et al.*, 2004). Además, con el SSDHP se mejora la calidad del grano, rendimiento, productividad, reducción de costos de producción y se obtiene un mejor precio de venta. La ganancia media de bienestar por agricultor adoptante con una superficie cosechada no menor a 10 ha equivale a un

incremento en el ingreso de \$10,321 pesos anuales (Sánchez *et al.*, 2010).

El proceso de validación y transferencia de la tecnología SSDHP inició a principios de los años noventa con el establecimiento de parcelas demostrativas tanto en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP como en predios de productores líderes cooperantes en diversas comunidades del Estado (Cabañas, 1997a). También, ésta ha sido difundida a través de eventos masivos y diferentes medios impresos (Cabañas, 1997b; Cabañas y Galindo, 2002; Cabañas *et al.*, 2004). No obstante, hasta ahora no se ha conducido estudios enfocados a medir el estado de adopción de la tecnología del SSDHP por parte de los productores, y por ende se desconocen las razones que influyeron en los productores(as) para incorporar esta tecnología (o parte de ésta) durante el proceso de producción (Abadi, 1999; Sagastume *et al.* 2006; Orozco *et al.*, 2009). Por ello, los objetivos de esta investigación fueron evaluar el grado de adopción del SSDHP, caracterizar a los usuarios de la tecnología e identificar los factores asociados con la adopción de esta innovación en el Estado de Zacatecas. Se consideró que esta investigación podría servir como instrumento de retroalimentación para re-orientar los trabajos de generación, validación, transferencia y adopción de futuras tecnologías del INIFAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se recabó a través de una encuesta aplicada entre diciembre 2009 y enero de 2010. El cuestionario, personalizado, se aplicó a una muestra de 135 de 174 productores de cebada del padrón actual de agricultores registrados en el Sistema-Producto Cebada de esta entidad federativa. El padrón incluyó la totalidad de productores que siembran cebada en sus diferentes métodos de siembra durante el ciclo primavera-verano de 2009. El tamaño de muestra se calculó con base en la fórmula de poblaciones finitas sugerida por Rojas (2005) con un nivel de confiabilidad de 99 % ($Z = 2.58$) y precisión (error) de 5.3 %, asumiendo una proporción (p) de 50 %. La encuesta se administró a agricultores en los principales municipios dedicados a este cultivo. Las localidades fueron (número de productores): Calera (7), Fresnillo (22), Miguel Auza (12), Rio Grande (1), Morelos (9), Ojocaliente (3), Pánuco (1), Pinos (9), Sain Alto (4), Sombrerete (64) y Zacatecas (3) del Estado de Zacatecas.

Se aplicó a cada agricultor un cuestionario con 111 preguntas de tipo cerrado, el cual se probó antes de su aplicación definitiva. Las variables analizadas en el cuestionario se dividieron en los siguientes apartados siguiendo la clasificación presentada Knowler y Bradshaw (2007):

- Tipología del productor. Se incluyeron preguntas como: edad, tenencia de la tierra, antigüedad como productor, superficie sembrada, nivel de educación e infraestructura disponible.
- Proceso de adopción. Se consideraron cuatro etapas: conocimiento, experimentación, uso y adopción. En la primera etapa se indagó sobre la percepción de los productores en cuanto al nivel del conocimiento, experimentación, uso y adopción de la tecnología; en la segunda etapa se investigó el tiempo de ocurrencia del conocimiento, experimentación, uso y adopción de la tecnología.
- Factores que afectan el proceso de adopción. Se consideraron: el contacto con medios de difusión, asistencia técnica, acceso a programas gubernamentales y acercamiento con universidades o instituciones de investigación.
- Impactos percibidos por el productor. Se incluyeron aspectos como mejora la calidad, precio, rendimiento, productividad y reducción de costos de producción de la cebada. En esta parte se investigó el impacto ambiental de la tecnología.
- Otros. En este rubro se incluyeron aspectos como la resistencia al cambio y el interés por la innovación tecnológica.

Las opciones de respuesta del cuestionario fueron calificadas con escalas discretas y binomiales. Debido a la naturaleza compleja de la información y después de estandarizarla y verificar la normalidad multivariada de los datos, se aplicó la técnica por conglomerados para detectar la similitud/disimilitud entre productores entrevistados. Después, se usó la técnica por componentes principales para identificar variables que en conjunto constituyeron la mayor fuente de variación entre productores usuarios de la tecnología. También, la técnica de correlación canónica se aplicó al grupo de productores usuarios de la tecnología para ganar mayor entendimiento de la asociación simultánea entre las variables de beneficio económico y aquellas relacionadas con la adopción de la tecnología (Chatfield y Collins, 1980; Hair *et al.*, 1998). La información se procesó en el sistema de análisis estadístico SAS® versión 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la adopción de la tecnología

El análisis de conglomerados permitió diferenciar dos grupos de productores, usuarios y no usuarios de la innovación tecnológica denominada la siembra en surcos doble hilera con pileteo (SSDHP). De la muestra de 135 productores entrevistados, $\approx 27\%$ de ellos (37 productores) habían adoptado la tecnología SSDHP. Este resultado sugiere que, de acuerdo con la

curva de Rogers (1986), dicho porcentaje consideró principalmente las clases de innovadores y primeros adoptantes.

El primer segmento se denominó “usuarios de la tecnología” (27 %). Los integrantes de este grupo tenían en promedio 45 años de edad, con educación básica terminada. El tiempo que tenían viviendo en la región fue entre 46 y 60 años y una experiencia en el cultivo de 11 a 15 años. Estos agricultores contaban con una superficie sembrada de 31 a 40 hectáreas, con un rendimiento de 2.5 a 3 Tn•ha⁻¹. Asimismo, eran agricultores que conocían la SSDHP desde hacía 4 años. Esto último resaltó la importancia del tiempo de conocer la innovación tecnológica y la velocidad de adopción de la misma, ya señalada por otros investigadores (Rogers, 1986; Sagastume *et al.*, 2006; Orozco *et al.*, 2009).

Posterior al proceso de conocimiento de la tecnología SSDHP, los productores llevaron a cabo la experimentación de la innovación en sus unidades de producción por tres años después de haberla conocido. Al respecto, Rivera y Romero (2003) indicaron que el productor no aplica inmediatamente la tecnología que se intenta transferir, sino que espera a que otro (s) productor (es) lo haga (n) primero, lo cual es compatible con el proceso de adopción documentado desde hace más de medio siglo (Beal y Bohlen, 1957). Con base en esa (s) experiencia (s), los usuarios potenciales deciden usar o no la tecnología después de un análisis de los aspectos técnicos y económicos alrededor de dicha innovación (Lampkin y Padel, 1994; Rigby *et al.*, 2001).

El segundo segmento, identificado como “no usuarios de la tecnología” representaron el 72 % de la muestra. Los productores de este grupo tenían una edad de 50 años, con educación primaria solamente, tenían entre 16 y 30 años viviendo en la región y entre 6 y 10 años de experiencia en el cultivo de cebada. Este grupo poseía una superficie sembrada de 21 a 30 hectáreas con rendimientos de 1.5 a 2.0 Tn•ha⁻¹. Eran también, agricultores que conocían la SSDHP desde hacía 2 años pero no la habían experimentado en su predio. Los productores no usuarios de la innovación indicaron la existencia de factores que limitan el uso de innovaciones en el sistema de producción de cebada, dentro de los cuales destacaron: la falta de recursos económicos (55 %), baja disponibilidad de pileteadora (16.4 %), sembradora (7.0 %) y poca o nula asistencia técnica (21.6 %). Estas declaraciones fueron congruentes con aquellos factores que han limitado la adopción de otras tecnologías en los países Latinoamericanos (Feder *et al.*, 1985).

Caracterización del proceso de adopción tecnológica

Con los usuarios de la tecnología SSDHP se realizó un análisis multivariado por componentes principales (Jolliffe, 2002). El análisis incluyó 60 preguntas relacionadas con el proceso de adopción. El análisis indicó que los cuatro primeros componentes principales (CPs) explicaron 46 % de variación total asociada a las preguntas administradas a los productores (Tabla 1). La variación total explicada, en términos de porcentaje, es indicativo de que otros factores no contemplados en este estudio (organización de los productores, gerencial, extensionismo, políticas de Estado, entre otras) habrían ayudado a explicar mejor la adopción o no de alguna tecnología (Parente y Prescott, 1994).

El CP 1 identificó trece variables, las cuales colectivamente se designaron como “conocimiento y experimentación de la tecnología; mientras que el CP 2 identificó siete variables con alto peso hacia la “adopción y uso del pileteo” (Tabla 1). Ambos componentes explicaron ≈ 30 % de la variabilidad total asociada a las 60 variables incluidas en este estudio. Con el uso de ambos CPs conjuntamente se distinguieron cuatro grupos de productores con: 1) Alto conocimiento de la tecnología SSDH con uso de pileteo; 2) Alto conocimiento de la tecnología SSDH sin uso del pileteo; 3) Bajo conocimiento de la tecnología SSDH sin uso del pileteo y 4) Bajo conocimiento de la tecnología SSDH con uso del pileteo (Figura 1). En general, los productores de los grupos I y IV (que contienen 15 y 6 productores, respectivamente) adoptaron la tecnología SSDH con el uso de pileteo, no obstante, el último grupo no contaba con un conocimiento y experimentación de esta tecnología equiparable al grupo I (4 años). Lo anterior fue indicativo de que el grupo I estuvo constituido por productores innovadores y adoptantes tempranos, según lo propuesto por Rogers (1986).

En contraste los grupos II y III (con 7 y 9 productores, respectivamente) a pesar de tener conocimiento y experimentación de la tecnología, sólo utilizaban parte de ella, es decir sin pileteo. Esto pudo deberse, en parte, a la baja disponibilidad del implemento y a las dificultades que impone el pileteo para realizar las subsecuentes actividades culturales durante el desarrollo del cultivo (Cabañas *et al.*, 2004).

Se integró un tercer CP, el cual explicó aproximadamente 9 % de la variación total, que se denominó como “ventajas del uso de la tecnología”. Este CP incluyó siete variables sobre la percepción de los productores acerca de las ventajas de usar la siembra de cebada en surcos *versus* al voleo (Tabla 1). En este componente, los productores (32 %)

clasificados con alto conocimiento y percepción de las ventajas de la innovación tuvieron una edad promedio de 48 años y entre 6 y 10 años de estar sembrando cebada. El 67 % del 32 % de los productores tenían predios ejidales, 50 % contaban con educación secundaria o más, y 33 % sembraba entre 11 y 20 hectáreas.

Los productores de este grupo conocían el sistema de siembra en surcos doble hilera, la sembradora especializada para este propósito, la cantidad de semilla a sembrar, la pileteadora, la fertilización recomendada y el control de maleza sugerido para esta tecnología. En lo relativo a las ventajas de la tecnología SSDHP, el 32 % de los productores reconocieron haber obtenido mayor rendimiento (de 1.98 a 2.5 Tn•ha⁻¹), menor cantidad de semilla (entre 23 y 42 %) en relación con la siembra al voleo y reducción de costos de producción en la adquisición de la semilla. Estos productores observaron mejoras en sus unidades de producción, las cuales fueron relevantes para que los productores adoptantes motivaran y difundieran la tecnología entre otros productores (Mesa y Machado, 2009; Rogers, 1986). Además, los encuestados consideraron útil tener contacto con los agentes de cambio, lo cual soporta los hallazgos de Parra y Calatrava (2005). En este sentido, Kalirajan y Shand, (1985) argumentaron que la observación de los vecinos y la receptividad a la asistencia técnica podrían ser más importantes que el nivel de escolaridad en el proceso de adopción de alguna tecnología, en particular.

El análisis por componentes principales incluyó un cuarto CP el cual explicó 8 % de la variación total, al que por sus características se le denominó como “resultados económicos de la tecnología” porque incluyó cinco variables sobre la percepción de los productores en los beneficios económicos de los diferentes componentes tecnológicos, con excepción del pileteo (Tabla 1). En este último CP se observaron dos grupos de productores adoptantes de la tecnología.

El grupo 1 (30 % de los productores) y grupo 2 (10 % de los productores) correspondieron a alta y baja adopción y alta y baja percepción de los resultados económicos, respectivamente. El primer grupo se caracterizó por tener mayor tiempo de residencia en la región (entre 31 y 45 años; $P = 0.05$), mayor tiempo de conocer (4 años; $P = 0.05$) y usar la tecnología (3 años; $P = 0.05$), percibieron una mejora en los beneficios económicos por usar la tecnología (82 %; $P = 0.05$), en el control de la maleza (91 %; $P = 0.01$), y tuvieron mayor interés en la búsqueda de información sobre esta tecnología (82 %; $P = 0.01$) que el grupo 2. Para este último grupo, los valores fueron, en ese mismo orden, entre 16 y 30 años, 3 años, 2 años, 25 %, 25 % y 0 %, respectivamente.

Tabla 1. Vectores raíz de los primeros cuatro componentes principales (CP) en la caracterización del proceso de adopción de la tecnología de surcos-doble hilera con pileteo en cebada maltera características en el estado de Zacatecas.

Preguntas	CP1	CP2	CP3	CP4
¿Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto tiempo conoce el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.179	-0.122	0.127	0.074
¿Conoce Usted la sembradora para el sistema en surcos en cebada?	-0.082	0.182	-0.186	-0.008
¿Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto tiempo conoce la sembradora para el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.189	-0.121	0.107	0.106
¿Conoce Usted la cantidad de semilla recomendada para el sistema de siembra en surcos en cebada?	0.190	0.092	-0.060	0.112
¿Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto conoce la cantidad de semilla que se usa para el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.247	0.043	0.054	0.130
¿Percepción sobre la pileteadora?	0.118	0.047	-0.112	0.237
¿Hace cuánto percibe beneficios con la pileteadora de cebada?	-0.157	0.088	0.132	0.225
Conoce Usted la fertilización recomendada para el sistema de siembra en surcos en cebada.	0.134	0.259	-0.032	0.149
Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto conoce la fertilización recomendada para el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.172	0.085	0.101	0.024
Conoce Usted el control de malezas recomendado para el sistema de siembra en surcos en cebada.	0.192	0.066	0.061	0.095
¿Hablando específicamente de CONOCER, hace cuánto conoce el control de maleza recomendado para el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.213	0.056	0.043	0.127
¿Ha probado en su cultivo el sistema de siembra en surcos en cebada	0.177	0.029	-0.058	0.166
¿Hablando específicamente de la etapa de PRUEBA, hace cuánto tiempo lo probó?	-0.191	0.105	0.082	0.035
¿Cómo aprendió Usted el sistema de siembra en surcos?	0.004	-0.062	0.189	-0.078
¿Cómo aprendió Usted de la pileteadora?	0.013	-0.100	0.231	0.016
¿Cómo aprendió Usted la cantidad de semilla a usar para el sistema de siembra en surcos en cebada?	-0.065	-0.156	0.157	-0.030
¿Cómo aprendió Usted la fertilización a usar para el sistema de siembra en surcos en cebada?	0.009	-0.079	0.191	-0.115
¿En qué realizó dichas modificaciones?	-0.034	-0.209	-0.007	0.080
¿Cuál es el rendimiento por hectárea de cebada con el sistema de siembra en surcos?	0.031	-0.058	0.325	0.114
¿Usted recomienda a otros productores la siembra en surcos?	0.113	0.064	-0.214	-0.043
¿Hablando específicamente de la etapa de USO, hace cuánto tiempo usa la cultivadora para controlar maleza en la siembra en surcos?	-0.206	0.102	-0.109	-0.082
¿Usted usa la pileteadora en la siembra en surcos?	0.085	-0.242	-0.039	-0.029
¿Hablando específicamente de la etapa de USO, cuánto tiempo usa la pileteadora en la siembra en surcos?	-0.139	0.238	0.058	0.151
¿Dónde adquirió la pileteadora?	-0.066	0.219	0.184	0.025
¿Hace cuánto tiempo la adquirió?	-0.109	0.272	0.107	0.090
¿Aproximadamente cuánto pago por ella?	-0.067	0.247	0.110	0.058
¿Usted usa la sembradora en la siembra en surcos?	0.116	0.153	-0.172	0.232
¿Hablando específicamente de la etapa de USO, hace cuánto tiempo usa la sembradora en la siembra en surcos?	-0.190	-0.002	0.119	-0.067
Considera que reduce el costos	0.147	0.025	0.199	-0.082
Ahorra pasos de maquinaria	0.192	0.062	0.165	-0.114
Se utiliza menor cantidad de semilla utilizada	0.111	-0.008	0.255	-0.012
Se puede utilizar cultivadora	0.192	0.046	0.236	-0.046
Evita pérdidas de agua y suelo	0.206	0.101	0.177	-0.032
Los resultados económicos que ha tenido con la siembra en surcos de la cebada son mejores a la siembra tradicional	0.101	-0.067	-0.048	0.319
Percepción sobre los resultados económicos de la sembradora en surcos	0.010	0.016	-0.087	0.223
Percepción sobre los resultados económicos de la densidad de siembra /ha	0.005	0.109	-0.073	0.351

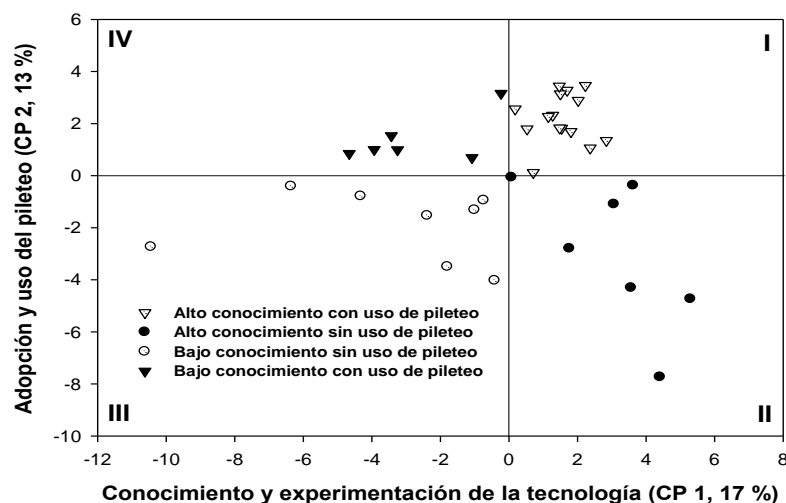


Figura 1. Dispersión de 37 productores adoptantes de la tecnología de siembra en surcos doble hilera con pilette para cebada maltera en función de los dos primeros componentes principales (CP).

El resultado anterior, en cuanto a la búsqueda de información sobre temas agrícolas de actualidad coadyuva a la adopción de innovaciones tecnológicas. Al respecto, Galindo (1992a, 1992b, 1994, 2001) indicó que la exposición a medios de comunicación (masivos, grupales e interpersonales) influyó positivamente en la adopción de innovaciones agrícolas por parte de los productores. Así, estos resultados indicaron que los adoptantes de la tecnología SSDHP fueron influenciados de alguna manera por algún medio masivo de comunicación no precisado en este estudio.

Asociación multivariada entre las variables del proceso de adopción tecnológica

Existe una diversidad de resultados sobre la relación entre la productividad y el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas de algún sistema de producción (Parente y Prescott, 1994; Zepeda, 1994; Bessen, 2002). En este estudio, los indicadores de productividad, beneficio, conocimiento, adopción, tipología y contacto con medios de comunicación se estudiaron a través de correlación canónica. El resultado de esta técnica multivariada mostró que los indicadores adopción-productividad, tipología-productividad, conocimiento-productividad, conocimiento-beneficio, adopción-beneficio y tipología-conocimiento fueron los grupos de variables independientes y dependientes, respectivamente, que en forma agrupada se encontraron lineal y positivamente asociadas, con un coeficiente R^2 canónico que varió de 68 al 94 % de la variación entre ambos grupos de variables.

Productividad. La correlación canónica ($r = 0.86$) entre los indicadores de productividad y la adopción fue lineal y positiva ($r^2 = 74 \%$). Es decir, que con la adopción de la tecnología SSDHP, los productores adoptantes percibieron una mejora ($P = 0.05$) en rendimiento, precio de venta, uso de la sembradora, reducción en la labranza, y en consecuencia reducción en la erosión del suelo y pérdida de agua por escorrentía.

Entre productividad y tipología, la primera correlación canónica ($r = 0.82$) explicó ($r^2 = 68 \%$) moderadamente bien las variables incluidas en ambos indicadores. Así, los productores que tipológicamente tuvieron mayor edad, más tiempo de residencia en la región, mayor experiencia como productores y mayor nivel académico coincidieron ($P = 0.01$) en que una ventaja importante de la innovación fue, en términos de sustentabilidad, que esta tecnología redujo la pérdida de agua y suelo.

La productividad y el conocimiento de la innovación también presentaron una correlación canónica positiva ($r = 0.97$). En este aspecto fue posible indicar que los productores que expresaron tener mayor tiempo de conocer la tecnología, el implemento agrícola, la densidad de siembra y tener mayor tiempo de experimentación con la innovación, explicó en conjunto y en nivel excelente ($r^2 = 94 \%$; $P = 0.01$) el grado de productividad del cultivo que se alcanzó con esta innovación tecnológica.

Beneficios económicos. La percepción de los productores sobre los beneficios económicos de la innovación y componentes tecnológicos con el conocimiento de la innovación y la adopción de la

misma tuvo una excelente correlación canónica ($r = 0.95$; $P = 0.01$). De hecho, la variable conocimiento, explicó 91 % de los beneficios económicos por el uso de esa tecnología. En contraste, no se detectó asociación canónica colectiva significativa ($P = 0.2$) entre los componentes de la tipología del productor y el beneficio económico de la innovación. Esto es indicativo de que los componentes del beneficio económico no dependen de la edad, nivel de educativo, tiempo de residencia en la región ni de la experiencia como productor.

De igual forma se detectó una buena correlación canónica positiva ($r = 0.92$; $P = 0.01$) entre los componentes de la adopción de la tecnología y del beneficio económico. Por tanto, el indicador de adopción de la tecnología explicó 84 % del beneficio económico obtenido con el uso de esta tecnología, por lo que identificó a productores cuya percepción fue que con un alto nivel de adopción de tecnología se pueden alcanzar altos beneficios económicos (Figura 2). Esto sugiere que el conocimiento y la experimentación de la innovación tecnológica en el predio del productor, son primordial para que el productor perciba el beneficio económico por usar la nueva tecnología y facilite la adopción de la innovación tecnológica (Poon *et al.*, 2006, Maksabedian, 1980).

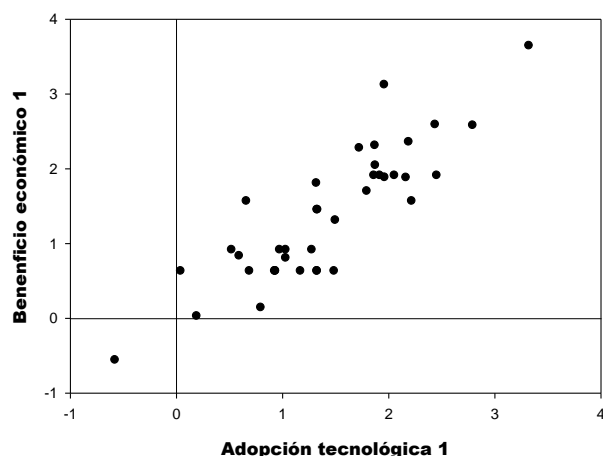


Figura 2. Primera función canónica entre beneficio económico de la innovación en función de la adopción de la innovación tecnológica.

Conocimiento y adopción de la innovación tecnológica. El conocimiento de la innovación tecnológica correlacionó positivamente con la tipología del productor ($r = 0.97$; $P = 0.01$). Esta última asociación de variables explicó 94 % del conocimiento de la innovación tecnológica; es decir, que el mayor tiempo de conocer la innovación tecnológica está asociada con una mayor experiencia como productor y nivel de educación consignado en

otras experiencias (Rogers, 1986; Sagastume *et al.*, 2006; Orozco *et al.*, 2009).

Ante la falta de un sistema de extensión y de evaluación de impacto de las tecnologías agrícolas generadas en México, este estudio podría contribuir en la planeación de la investigación, validación, transferencia y adopción de futuras tecnologías del INIFAP. Sin embargo, la inclusión de factores tales como la organización de los productores, gerencial, extensionismo, políticas de estado, entre otras, podrían ayudar a explicar mejor el grado de adopción de alguna tecnología.

CONCLUSIONES

Aproximadamente, 27% de los productores de cebada encuestados fueron usuarios del sistema en surcos doble hilera. Entre otras características los adoptantes tuvieron mayor experiencia en el cultivo, mayor nivel educativo y mayor superficie de siembra. El tiempo de conocimiento y experimentación de la tecnología por el productor en su predio fue básico para la adopción exitosa de la tecnología. Se encontró que los factores que mayormente restringieron el uso de esta tecnología en el cultivo de la cebada de temporal fueron la carencia de recursos económicos, maquinaria especializada y la poca o nula asistencia técnica.

Con respecto a la tecnología tradicional al voleo los productores adoptantes de la tecnología SSDHP reconocieron beneficios como incremento en el rendimiento y reducción de costos de producción debido a que utilizaron menor cantidad de semilla para la siembra. También, se detectó que la adopción de la tecnología SSDHP no se adopta totalmente. Es decir, los productores usan partes de los componentes de esta tecnología, por ejemplo dan mayor uso a la sembradora en surcos, densidad de siembra, pero el pileteo, no es frecuente.

Agradecimientos

La Fundación Produce Zacatecas, A.C., financió, en parte, esta investigación a través del proyecto intitulado "Evaluación de impacto de la tecnología de sistemas de siembra en cebada maltera" con No. de Ref.: 32-2009-1871. Dedicamos este documento a la memoria del Ing. M.C. Bertoldo Cabañas Cruz y del Ing. M. Sci. Agustín Fernando Rumayor Rodríguez.

REFERENCIAS

Abadi, A. 1999. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics* 21:145-154.

- Beal, M., and Bohlen, M. 1957. Validity of the concept of stages in the adoption process. *Rural Sociology* 22:166-168.
- Bessen, J. 2002. Technology adoption costs and productivity growth: the transition to information technology. *Review of Economic Dynamics* 5:443-469.
- Cabañas Cruz, B. 1997a. Guía para Cultivar Cebada Maltera Bajo Riego en el Altiplano de Zacatecas. Folleto para Productores No. 21. SAGARPA-INIFAP. México. 23 p.
- Cabañas Cruz, B. 1997b. Guía para Cultivar Cebada Maltera de Temporal en Zacatecas. Folleto para Productores No. 22. SAGARPA-INIFAP. México. 20 p.
- Cabañas Cruz, B., y Galindo-González, G. 2002. Validación de Variedades de Cebada Maltera y Sistemas de Siembra para Captar y Retener el Agua de Lluvia del Temporal en Zacatecas. Desplegable Informativa No. 2. SAGARPA-INIFAP. México.
- Cabañas Cruz, B., Galindo González, G., Mena Covarrubias, J., y Medina-García, G. 2004. La Siembra en Surcos y Corrugaciones con Pileteo en Cebada Maltera de Temporal en Zacatecas. Folleto Técnico No. 4. SAGARPA-INIFAP. México. 41 p.
- Chatfield, C., and Collins, A. 1980. *Introduction to Multivariate Analysis*. Chapman & Hall, London and New York. 246 p.
- Feder, G., Just, R.E., and Zilberman, D. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change* 33:55-98.
- Galindo González, G. 1992a. Caracterización de los productores de cacao en el Estado de Tabasco. In: *Coloquio Mesoamericano*. Montecillos, México. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigación en Estudios del Desarrollo Rural en Francia. México. pp. 56.
- Galindo González, G. 1992b. Aspectos relacionados con la comunicación agropecuaria entre ejidatarios del Mezquite, Zacatecas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 15:193-196.
- Galindo González, G. 1994. Medios de comunicación y los productores de la región central de Zacatecas, México. *Turrialba* 44:140-146.
- Galindo González, G. 1999. Uso de innovaciones agrícolas en la región central de Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18:140-150.
- Galindo González, G. 2001. Uso de innovaciones en el grupo de ganaderos para la validación y transferencia de tecnología "Joachín", Veracruz, México. *Terra Latinoamericana* 19:385-392.
- Galindo González, G., Zandate Hernández, R., y Cabañas Cruz, B. 2005. Utilización de la Pileteadora de Tracción Mecánica del INIFAP en la Región Central de Zacatecas. Folleto técnico Núm. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 123 p.
- Jolliffe, I. 2002. *Principal Component Analysis*. 2nd ed. Springer. UK. 487 p.
- Hair, J.F. Jr, Anderson, R.E., Tatham, R.L., and Black, W.C. 1998 *Multivariate Data Analysis*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey, USA. 730 p.
- Kalirajan, K.P., and Shand, R.T. 1985. Types of education and agricultural productivity: a quantitative analysis of Tarnil Nadu Rice Farming. *Journal of Development Studies* 21:232-243.
- Knowler, D., and Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32: 25-48.
- Lampkin, N., and Padel, S. 1994 *The Economics of Organic Farming: An International Perspective*. CAB International, Wallingford, United Kingdom. 443p.
- Maksabedian, J. 1980. El proceso social en la innovación y la transferencia tecnológica. *Revista Latinoamericana de Psicología* 12: 109-117.
- Mesa, R. A., y Machado, H. 2009. Capacitación de productores y directivos para la adopción de tecnologías de producción animal sostenible. *Pastos y Forrajes* 32: 93-100.
- Orozco Cirilo, S., Ramírez Valverde, B., Ariza Flores, R., Jiménez Sánchez, L., Estrella Chulim, N., Peña, Olvera, B., Ramos Sánchez, A., y Morales Guerra, M. 2009. Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México. *InterCiencia* 34:551-555.
- Parra, C., and Calatrava, R. 2005. Factors related to the adoption of organic farming in Spanish olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research* 1:5-16.

- Parente, S.L., and Prescott, E.C. 1994. Barriers to technology adoption and development. *Journal of Political Economy* 102:298-321.
- Poon, C., Jha, A., Christino, M., Honour, M., Fernandopulle, R., Middleton, B., Newhouse, J., Leape, L., Bates, D., Blumenthal, D., and Kaushal, R. 2006. Assessing the level of healthcare information technology adoption in the United States: a snapshot. *BMC Medical Informatics and Decision Making* 6:1-9.
- Rigby, D., Young, T., and Burton, M. 2001. The development of and prospects for organic farming in the UK. *Food Policy* 26:599-613.
- Rivera, A., y Romero, H. 2003. Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, México. *Avances en la Investigación Agropecuaria* 21:20-40.
- Rogers, E. 1986. *Diffusion of Innovations*. Fourth ed. New York: The Free Press. U.S.A. 251 p.
- Rojas, R. 2005. *Guía para Realizar Investigaciones Sociales*. 40a ed. Plaza y Valdez S.A de C.V. México, D.F. 237 p.
- Sagastume N., Oblando, M., y Martínez, M. 2006. *Guía para elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua*. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Manejo de Recursos Naturales, Economía Rural, Gobernabilidad Local y Sociedad Civil. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Documento No. 499 Serie Técnica 7/2006. ISBN 99926-37-09-9. Tegucigalpa, Honduras, C. A. 40 p.
- Sánchez Toledano, B.I., J. Espinoza Arellano, J.J., y Rumayor Rodríguez, A.F. 2010. Impacto económico de la tecnología de producción siembra en surcos doble hilera y pileteo en cebada maltera en el Estado de Zacatecas. In: XXII Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. 56 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Delegación Zacatecas. 2016. *Superficie Sembrada, Cosechada, Precio y Valor de la Producción de Cultivos Agrícolas por Estado y Año Agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://siap.gob.mx>. (Noviembre 2016).
- Zepeda, L. 1994. Simultaneity of technology adoption and productivity. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 19:46-57.