

Artículo de investigación científica y tecnológica

Factores que determinan la adopción del ensilaje en unidades de producción ganaderas en el trópico seco del noroeste de México

Decisive factors for the adoption of silage in livestock production units in the dry tropics of northwestern Mexico

Venancio Cuevas-Reyes^{1*}

¹ Investigador titular, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP),
Campo Experimental Valle de México. Texcoco, México.
Correo: cuevas.venancio@inifap.gob.mx. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9946-3942>

Editor temático: María Alejandra García (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT])

Fecha de recepción: 18/05/2018

Fecha de aprobación: 07/06/2019

Para citar este artículo: Cuevas-Reyes, V. (2019). Factores que determinan la adopción del ensilaje en unidades de producción ganaderas en el trópico seco del noroeste de México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 467-477

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1586



Esta licencia permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando se dé el crédito y se licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

* Autor de correspondencia: Km. 13,5 de la Carretera los Reyes- Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, C.P. 56250

Resumen

El objetivo del presente estudio fue identificar los factores que afectan la probabilidad de adopción del ensilaje en unidades de producción del noroeste de México. Se realizó una muestra dirigida a 171 ganaderos que participaron en un programa de extensión agrícola en el noroeste de México. Posteriormente, mediante la estimación de un modelo probit, se obtuvieron los factores que determinan el uso del ensilaje. Las variables que resultaron significativas para la adopción del ensilaje fueron el nivel de escolaridad ($p < 0,05$)

y la superficie agrícola ($p < 0,10$). Los resultados muestran una probabilidad promedio de 13,4% de adopción del ensilaje por los ganaderos de la región de estudio. Los productores con mayor superficie agrícola y nivel de estudio son más propensos a adoptar el ensilaje. Por ello, se recomienda que, para aumentar la adopción de esta tecnología, se deberá buscar otro tipo de estrategias tecnológicas, considerando el nivel diferenciado de superficie agrícola y escolaridad de los ganaderos de la región de estudio.

Palabras clave: adopción de innovaciones, alimentación de los animales, modelos econométricos, razas mixtas, sequía, transferencia de tecnología

Abstract

The aim of the study was to identify the factors that affect the probability of silage adoption in production units of northwestern Mexico. A sample focused on 171 farmers who participated in an agricultural extension program in northwestern Mexico was conducted. Then, by estimating a probit model, the decisive factors for the use of silage were obtained. The variables that were significant for the adoption of the silage were the level of schooling ($p < 0.05$) and the agricultural

area ($p < 0.10$). The results show an average probability of 13.4% of silage adoption by farmers in the study region. Hence, the producers with larger agricultural surface and level of schooling are more prone to adopt the silage. Therefore, it is recommended that it is essential to seek other technological strategies in the study region that consider the differentiated level of agricultural surface and schooling of the producers to increase the adoption of this technology.

Keywords: animal feeding, drought, econometric models, innovation adoption, multipurpose breeds, technology transfer

Introducción

En las áreas tropicales, la alimentación de los animales constituye un factor crítico de la producción pecuaria. No obstante, durante la época seca del año existe una disminución de forraje que repercute en bajos índices productivos y reproductivos del ganado (Castro-Rincón, Sierra-Alarcón, Mojica-Rodríguez, Carulla-Fornaguera, & Lascano-Aguilar, 2016; Katunga et al., 2014). Las alternativas forrajeras para el ensilado son múltiples, de tal forma que el tipo de forraje puede provenir de gramíneas, leguminosas, cultivos forrajeros (sorgo, maíz), residuos de cosechas u otros subproductos (Mannetje, 2001a).

De acuerdo con Campos (2015), el ensilaje se define como “un método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad que se basa en la fermentación y que utiliza una pequeña cantidad de energía para la producción de ácidos grasos volátiles en condiciones anaeróbicas” (p. 1). Entre las ventajas del uso del ensilaje se considera que constituye una reserva alimenticia para la época de sequía, que permite equilibrar el contenido de la dieta y aumentar la productividad animal (Cowan, 2001).

El ensilaje puede servir para disminuir los problemas de la alimentación del ganado y enfrentar la escasez de forraje en la época seca (Castro et al., 2016; Reiber, Schultze-Kraft, Peters, Lentjes & Hoffmann, 2010). La tecnología para la producción del ensilaje es reconocida como una alternativa para la obtención de forraje de buena calidad para la época de sequía en los trópicos, donde hay mayor escasez de alimento para el ganado.

Además, el uso del ensilaje puede contribuir a resolver problemas de alimentación animal tanto en grandes como en pequeñas unidades de producción; sin embargo, existen aspectos socioeconómicos que impiden la adopción general de esta tecnología (Mannetje, 2001b). Hassan (2001) señala que en Pakistán las causas principales que explican el fracaso en adoptar la innovación del ensilaje están representadas por el alto costo de producción, la pequeña

superficie agrícola y el escaso número de animales con los que cuenta el productor. En esta misma línea de trabajo, un estudio realizado con pequeños productores de bajos ingresos en Honduras identificó que la falta de equipo para realizar el ensilaje fue una de las variables más relevantes para que los productores no hayan adoptado esta tecnología (Reiber, Schultze-Kraft, Peters, & Hoffmann, 2013).

Para contrarrestar la falta de adopción de la tecnología del ensilaje se han llevado a cabo diversos esfuerzos. Por ejemplo, se han realizado estudios para la elaboración de ensilado a base de gramíneas y leguminosas forrajeras en bolsas de plástico (Reiber, Schultze-Kraft, Peters, Lentjes, & Hoffmann, 2009). Igualmente, para contrarrestar el problema de equipo e infraestructura, se han realizado estudios sobre el diseño de maquinaria agrícola para el empaque de forrajes con ensilaje de maíz (Herrera, Medina, & Quintero, 2008). A pesar de múltiples esfuerzos de investigación y desarrollo, el uso del ensilaje por parte de los ganaderos para contar con alimento para el ganado en las zonas tropicales ha sido bajo (Mannetje, 2001b).

En el estado de Sinaloa, ubicado en el noroeste de México, la principal problemática de los ganaderos es la escasez de forraje en la época seca del año, que comprende los meses de enero a junio (Perales et al., 2000). Por este motivo, desde 1996 en la región de estudio se han realizado esfuerzos para resolver esa problemática a través de diversas estrategias de difusión y transferencia de innovaciones pecuarias enfocadas a la producción de forrajes. Las tecnologías que se han promovido son las siguientes: el establecimiento de praderas de Mombasa (*Panicum maximum* Jacq. var. Mombasa), Tanzania (*P. maximum* var. Tanzania), Pretoria (*Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf), Callie (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Pasto llanero (*Andropogon gayanus* Kunth) y Pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). También se ha promovido la siembra de sorgo de doble propósito para ensilaje. Las variedades utilizadas (Fortuna y Sorgo costeño 201) han sido generadas por estaciones experimentales locales, por lo cual tienen una buena adaptación en la región (Loaiza, 2011). Las variedades de sorgo difundidas son de polinización libre,

por lo que los productores pueden generar su propia semilla y, con esto, reducir los costos de producción del establecimiento del cultivo (Hernández, Moreno, Reyes, & Loaiza, 2011).

Otras tecnologías que se han promovido a nivel estatal son el establecimiento de leguminosas forrajeras como alfalfa (*Medicago sativa* L.) y frijol terciopelo (*Mucuna pruriens* (L.) DC.); conservación de forrajes por el método de ensilaje; tratamiento de pasturas; elaboración de bloques multinutricionales e inseminación artificial, entre otras (Loaiza, 2011).

De acuerdo con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt, 1993), los estudios de adopción de tecnologías sirven para mejorar la eficiencia de la generación y evaluar la eficacia de la transferencia de tecnología. Las tecnologías propuestas tienen más de 20 años de ser difundidas. No obstante, a la fecha, sigue prevaleciendo el problema de baja adopción de tecnologías en general y, en particular, se desconocen los elementos que favorecen o limitan el uso del ensilaje, a pesar de que estas tecnologías han mostrado ser alternativas para disponer de alimento de buena calidad para el ganado en la época de sequía. El objetivo de este estudio es identificar los factores que afectan la probabilidad de adopción del ensilaje en unidades de producción del noroeste de México.

Materiales y métodos

Localización de la zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en el noroeste del estado de Sinaloa, México. En específico, se realizaron encuestas a ganaderos de tres municipios de esta región: Ahome, El Fuerte y Guasave. El Fuerte se localiza a 26°25'17" N, 108°37'11" W y se ubica a 81 m s. n. m.; Ahome se localiza a 25°47'00" N, 108°59'39" W y tiene una altitud de 9 m s. n. m.; Guasave se ubica en 25°33'55" N, 108°28'18" W y se encuentra a 21 m s. n. m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2016). Las condiciones climatológicas en la zona de estudio se caracterizan por ser muy secas; el estado de Sinaloa

en general presenta un clima cálido subhúmedo, seco y semiseco, y solo 2 % del estado presenta en la zona serrana un clima templado subhúmedo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2011).

Origen de la información

Se aplicó una encuesta a 214 (n=214) ganaderos que participaron en un programa de extensión agrícola en el 2015 en Sinaloa, México. La selección de los productores fue a través de los siguientes criterios: 1) poseía ganado, 2) fue parte de un programa de extensión anual y 3) el productor aceptó responder la encuesta de diagnóstico inicial. La encuesta estaba dividida en diez secciones: 1) información general de la unidad productiva; 2) datos relacionados con el ganadero; 3) propiedad de la tierra; 4) escala de la unidad productiva (hato, superficie para la producción de forrajes, áreas comunales, opciones de disponibilidad de agua); 5) infraestructura para la producción, maquinaria y equipo; 6) temas relacionados con la reproducción del ganado; 7) tipo y características de la alimentación y suplementación de los animales; 8) temas relacionados con la salud animal; 9) aspectos relacionados con la ordeña y, finalmente, 10) mercado de productos (leche y carne).

La entrevista se realizó en la unidad productiva de cada productor de los tres municipios a finales del 2015. El estudio utilizó 171 entrevistas; el resto de las encuestas presentó información errónea en la captura original con el productor, por lo que no fueron consideradas. Esta depuración no afectó la representatividad de la muestra de estudio, ya que el uso de componentes tecnológicos es bajo para este tipo de productores en la zona.

Modelo econométrico

Se utilizó un modelo de elección discreta binaria (modelo probit) para identificar los elementos que afectan la probabilidad de adopción del ensilaje en unidades de producción del noroeste de México. Un modelo binario se reconoce porque la variable endógena y presenta dos alternativas 0 y 1 (Aldrich & Nelson, 1984).

Estos valores representan las únicas dos alternativas factibles para elegir por parte del productor. De esta forma, la variable relacionada con la adopción de la práctica del ensilaje (y_i) de los ganaderos en la zona de estudio tomará dos valores: 1, si el ganadero adoptó la práctica de ensilaje, y 0, en caso contrario.

La probabilidad (p_i) de elegir cualquier alternativa o no elegirla puede ser expresada como se presenta en la ecuación 1.

Ecuación 1

$$p_i = \text{prob}[Y_i = 1|X] = \int_{-\infty}^{x'\beta} (2\pi)^{-1/2} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt = \Phi(x'\beta)$$

Donde $\Phi(x'\beta)$ = representa la distribución acumulativa de una variable normal estándar (Greene, 2012).

McNamara, Wetzstein y Douce (1991) identifican las siguientes categorías o grupos de variables para determinar el uso o adopción de una tecnología: variables referidas al productor (edad, escolaridad), variables referidas a la estructura de la unidad de producción (superficie agrícola, tamaño del hato medido en unidades animal), y otros elementos o factores institucionales (años de recibir asistencia técnica). Otras variables relacionadas con los aspectos institucionales son las conexas con el mercado (distancia al mercado, porcentaje de la producción vendida, acceso a información de mercado, ente otras); no obstante, no se incluyó este tipo de variables, porque el ensilaje es un insumo intermedio para la producción de leche o carne. Así, la decisión del ganadero sobre el uso de la tecnología del ensilaje puede ser modelada de forma empírica como se expresa en la ecuación 2.

Ecuación 2

$$y_i = \Phi(x'\beta) + \mu = \delta Z_i + \mu_i$$

Donde y_i es la variable dependiente dicotómica que refleja la diferencia entre el uso y no uso de una tecnología (1, si la adopción del ensilaje tiene lugar, y 0, en caso contrario); δ es el vector de parámetros a ser estimados; Z_i es el vector de variables exógenas

que explican la adopción del ensilaje, y μ_i es el término error del modelo normalmente distribuido.

Para una variable no dicotómica, la probabilidad marginal se define por la derivada parcial de la probabilidad de que $y = 1$ con respecto a esa variable. De esta forma, el cambio marginal se obtiene del producto de la función de densidad de la distribución normal estándar evaluados en un punto definido y el parámetro a evaluar (Greene, 2012), como se expresa en la ecuación 3.

Ecuación 3

$$\frac{\partial p_i}{\partial X_{ki}} = \frac{\partial \Phi(x_i \beta)}{\partial X_{ki}} = \phi(x_i \beta) \beta_k$$

La evaluación del cambio marginal se lleva a cabo en los valores medios de los regresores, de manera que se obtiene un valor representativo del cambio marginal. El método de máxima verosimilitud fue utilizado para realizar la estimación de los parámetros del modelo econométrico planteado.

Análisis estadístico

El estadístico o prueba de Wald fue utilizado para verificar la significancia de cada uno de los parámetros del modelo. Este test sigue una distribución normal tipificada. Para llevar a cabo la evaluación global del modelo se utilizó el R^2 de McFadden y el estadístico LR (o razón de verosimilitud). Los resultados del modelo econométrico fueron obtenidos mediante el paquete Stata®, versión 12. Para la estimación del modelo se emplearon los siguientes comandos: *dprobit*, *margins* y *marginsplot*.

Resultados y discusión

Variables utilizadas en el modelo

La tabla 1 muestra las características de las variables consideradas en el modelo evaluado; la edad del productor es de 51 años en promedio, aunque existen productores que cuentan con una edad mínima de 21 y una edad máxima de 85 años. Los ganaderos entrevistados tienen una media de siete

años de estudio; sin embargo, es importante señalar que existen algunos que no saben leer ni escribir, y otros que terminaron estudios a nivel licenciatura. La asistencia técnica está referida al número de años que el ganadero ha contado con los servicios de un extensionista; de esta forma, se observa que en promedio los ganaderos del norte de Sinaloa cuentan con 1,47 años de este servicio.

El tamaño del rancho se midió a través de la superficie total agrícola con la que cuenta el productor en su unidad productiva. El promedio fue de 12,47 hectáreas, aunque existen productores que llegan a contar hasta con 70 hectáreas. Finalmente, se consideró el tamaño del hato, medido en unidades animal; en promedio, los productores entrevistados cuentan con 24,27 unidades animal (tabla 1).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en el modelo Probit

Variable	Unidades	Media	DS	CV	Mín	Máx
Edad	Años	51,04	13,92	0,27	21	85
Escolaridad	Años	7,27	4,61	0,63	0	16
Superficie	Hectáreas	12,47	12,98	1,04	1	70
Hato	Unidad animal	24,27	12,96	0,53	4	73
Asistencia técnica	Años	1,47	2,33	1,58	0	13

Fuente: Elaboración propia

Variables que repercuten en la probabilidad de adopción del ensilaje

El test de Wald (estadístico z), aplicado a los coeficientes del modelo evaluado, muestra que dos variables fueron significativas para explicar la adopción de la práctica del ensilaje entre los ganaderos de la región de estudio: el nivel de escolaridad, medido por los años de estudio del productor ($p < 0,05$), y la superficie agrícola, medida en relación con la superficie total en hectáreas con la que cuenta la unidad productiva ($p < 0,10$). Los resultados del modelo probit se presentan en la tabla 2.

La mayoría de las variables presenta signo positivo, pero con cambios marginales muy pequeños. La prueba de χ^2 se utilizó para contrastar la significancia global del modelo; la hipótesis nula planteada fue que todos los coeficientes del modelo, excepto el

término constante, son nulos. El número de casos correctamente predichos fue de 95,32%. El estadístico LR χ^2 (5) fue de 15,76 y la probabilidad obtenida fue $p < 0,05$; por tanto, se rechaza la hipótesis nula, y el modelo planteado es estadísticamente significativo.

El signo negativo en la variable *edad* sugiere que la práctica del ensilaje es más probable que sea adoptada por productores jóvenes. De la misma forma, el signo positivo en la variable *asistencia técnica* sugiere que la información sobre nuevas tecnologías que pueden incorporar los productores resulta relevante para su aplicación. El signo positivo en *tamaño del hato* sugiere que productores con hatos grandes pueden adoptar la práctica de ensilaje en su rancho y, con ello, complementar la alimentación del ganado bovino en la época de sequía.

Tabla 2. Coeficientes de las variables que influyen en la probabilidad de adoptar el ensilaje

Variable	Coeficiente	z	p > z	dy/dx
Edad	-0,0123	-0,67	0,50	-0,0004
Escolaridad	0,1469	2,20	0,02*	0,0050
Superficie	0,0223	1,75	0,08**	0,0007
Hato	0,0002	0,02	0,98	0,0000
Asistencia técnica	0,0592	0,91	0,36	0,0020
Constante	-3,0200	-2,52	0,01	

dy/dx es el efecto marginal de la variable x sobre la variable dependiente y ; Nivel de significancia dy/dx : $p < 0,05^*$ y $p < 0,10^{**}$; número de observaciones (n): 171. LR $\chi^2(5) = 15,76$; Prob $> \chi^2 = 0,0076$; Pseudo $R^2 = 0,2439$, Correctamente clasificados = 95,32 %.

Fuente: Elaboración propia

La escolaridad del productor resultó significativa ($p < 0,05$) para la adopción de la tecnología del ensilaje. La relación es positiva, de tal forma que por cada año de escolaridad que tiene el ganadero, la probabilidad de que adopte la práctica del ensilaje aumenta en 0,5 %. Es decir, la probabilidad de que el productor decida llevar a cabo el ensilaje aumenta a medida que se incrementan los años de estudio, pero disminuye en 0,04 % conforme aumenta su edad. Por otra parte, el efecto marginal condicional del tamaño del rancho resultó positivo ($p < 0,10$), valor que nos muestra que la probabilidad de adopción de la práctica de ensilaje aumenta 0,07 %, a medida que en la unidad de producción se cuenta con mayor superficie agrícola.

Los resultados obtenidos del modelo evaluado muestran una probabilidad promedio de 13,4 % de adopción por parte de los ganaderos del norte de Sinaloa. Este nivel de adopción es bajo, y concuerda con estudios realizados en sistemas de producción de bovinos de doble propósito en México, que han identificado que solo entre el 1 % (Vilaboa & Díaz,

2009) y 6 % (Chalate et al., 2010) de los productores llevan a cabo la práctica de ensilaje. Un estudio reciente que analiza información de 2.187 unidades de producción en el trópico seco de México identificó que solo el 17,7 % de las unidades de producción realizan la práctica de ensilaje; este mismo estudio analiza la información por tamaño del rancho, e identifica que el mayor porcentaje de adopción (21,9 %) se encuentra con productores de tamaño medio, que tienen entre 20 y 50 vacas reproductoras (Rangel et al., 2017b).

Diversos autores (Doss, 2006; Feder, Just, & Zilberman, 1985; McNamara et al., 1991; Teklewold, Kassie, & Shiferaw, 2013) han agrupado las restricciones de la adopción de tecnologías en tres categorías: 1) factores relacionados con las características de los productores; 2) factores relacionados con las características y el desempeño relativo de la tecnología y 3) factores programáticos e institucionales. A continuación, se discute por tipo de categorías los resultados encontrados en el presente estudio.

Características del productor

A menudo se plantea la hipótesis de que un nivel superior de educación contribuye a aumentar la probabilidad de adoptar nuevas tecnologías (Daberkow & McBride, 2003). Esta situación se comprobó en el presente estudio, ya que los años de escolaridad con los que cuenta el productor resultaron significativos y positivos ($p < 0,05$) para la adopción de la práctica del ensilaje. Esto puede atribuirse a que un mayor nivel de estudios de los ganaderos de la región implique reconocer la importancia de realizar la práctica del ensilaje y contar con alimento para el ganado durante la época seca del año. En el presente estudio, el coeficiente negativo obtenido para la variable *edad* nos puede indicar que productores con mayor edad tienen menos probabilidad de adoptar la práctica del ensilaje.

Características de la unidad productiva

Literatura especializada reporta una relación positiva entre la adopción de innovaciones y el tamaño de las unidades de producción (Fernández-Cornejo, 1996; McNamara et al., 1991). En la región de estudio, el 91 % de los productores pequeños y medianos cuentan con hatos promedio de entre 21 y 55 unidades animal, de 18 a 29 vacas reproductoras y de 32 a 44 ha de superficie agrícola promedio (Cuevas, Loaiza, Espinosa, Vélez, & Montoya, 2016).

Las características relacionadas con la estructura de la unidad de producción medida a través de la superficie agrícola total resultó significativa ($p < 0,10$) y con signo positivo, lo que nos indica que tienen más probabilidad de adoptar la práctica del ensilaje aquellos ganaderos que cuentan con mayor superficie agrícola. Lo anterior pudiera explicarse en la medida en que este tipo de productor, al disponer de una mayor superficie, puede contar también con mayores recursos económicos y puede destinar áreas agrícolas a la siembra de cultivos para el ensilaje, con el fin de contar con alimento para el consumo del ganado en la época seca del año.

En cambio, los pequeños y medianos productores no podrían destinar superficie agrícola a este tipo

de cultivos y, por ello, tienen menor cantidad de innovaciones tecnológicas en el área de alimentación. Estos resultados son similares en el estudio en México de Rangel et al. (2017a). Estos autores encontraron que la cantidad de innovaciones en la alimentación de los animales que utilizan los productores fue de 28,3 %, con coeficiente de variación de 52,2 %, lo que muestra un limitado desarrollo de tecnología en el área de alimentación animal, así como una alta heterogeneidad entre las explotaciones de ganado bovino de doble propósito en la zona tropical. Por otra parte, el tamaño del hato resultó con coeficiente positivo, aunque esta variable no resultó significativa para la adopción de la práctica del ensilaje.

Factores institucionales

El coeficiente de asistencia técnica resultó positivo, aunque para este trabajo no fue significativo. Es importante señalar que existen estudios realizados en este mismo sistema de producción en Sinaloa, que encontraron que el servicio de asesoría técnica es significativo ($p < 0,05$) en el mediano plazo, es decir, después de cinco años y medio de estar otorgando asistencia técnica a productores (Cuevas et al., 2013). Para el caso de la tecnología del ensilaje en Honduras, Reiber et al. (2010) señalan que, bajo condiciones favorables (presencia de innovadores clave, grupos de productores motivados y un mercado lácteo favorable), la tasa de adopción de este componente llegó a 57 %.

Los resultados encontrados en esta investigación muestran que la innovación tecnológica del ensilaje, pese a ser una alternativa de alimentación para el ganado en la época seca del año, tiene una probabilidad de adopción baja del 13,4 %. Esto puede deberse a una falta de tecnología para hacer un uso más eficiente de la superficie agrícola disponible (Cuevas et al., 2018), pero posiblemente también se deba a una falta de políticas diferenciadas de difusión y transferencia de esta tecnología, de acuerdo con el nivel educativo y tipo de recursos productivos de los productores. A pesar de que en el estado de Sinaloa se han realizado acciones de difusión y transferencia de tecnología, la cobertura

del servicio de asistencia técnica y, por tanto, el uso de componentes tecnológicos (como el ensilaje) en años recientes apenas alcanzan el 3,05% de los ganaderos del estado (Cuevas, Baca, & Sánchez, 2012).

De esta forma, se deben buscar alternativas de apoyo para que, a través de la organización de productores, los pequeños ganaderos puedan acceder a recursos para la adquisición de la maquinaria y el equipo que se requiere para implementar la práctica del ensilaje. Otras alternativas pueden ser a través de la adecuación de la tecnología para pequeñas unidades de producción, como el ensilaje en bolsas de plástico (Reiber et al., 2009), así como la creación de un mercado directamente en la finca del productor, lo que en años recientes sucedió en la región de estudio. Durante el ciclo 2018, la organización de productores que agrupa a todos los ganaderos en Sinaloa adquirió maquinaria, equipo y transporte para realizar el ensilaje de maíz y sorgo en zonas de riego, con el fin de ofertar a precios bajos (US\$50 por tonelada) el ensilaje a pequeños y medianos productores.

Conclusiones

La probabilidad de adopción de la práctica del ensilaje por parte de los ganaderos entrevistados fue de 13,4%. Los productores con mayor cantidad de superficie agrícola y mayor nivel de estudios fueron los más propensos a adoptar la práctica de ensilaje.

Por ello, para aumentar la adopción de esta tecnología con productores con menores recursos, se deberá buscar otro tipo de mecanismos, como renta de equipo o mediante la venta directa de ensilaje obtenido a través de organizaciones de productores. Es decir, se deben generar estrategias diferenciadas de apoyo y transferencia de tecnología para diferentes tipos de productores, y así favorecer una mayor adopción de la práctica del ensilaje y otras innovaciones tecnológicas en el área de alimentación del ganado bovino para los ganaderos de este estudio y para otros productores en otras áreas del trópico seco que cuenten con características similares.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación “Evaluación del proceso de capacitación agropecuaria y uso de la tecnología promovida en los programas integrales de capacitación 2015-2018”, número SIGI: 14462132918. El autor agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) por el financiamiento otorgado.

Descargos de responsabilidad

El autor declara que no existe ningún conflicto de interés que afecte la información y los resultados presentados.

Referencias

- Aldrich, J. H., & Nelson, F. D. (1984). *Linear Probability, Logit, and Probit Models*. Newbury Park, California, EE. UU.: Sage Publications. doi:10.4135/9781412984744.
- Campos, G. C. M. (2015). *El ensilaje como solución a la escasez de forraje*. San José, Costa Rica: Corporación Ganadera. Recuperado de <http://www.corfoga.org/boletines-tecnicos/>.
- Castro-Rincón, E., Sierra-Alarcón, A., Mojica-Rodríguez, J., Carulla-Fornaguera, J., & Lascano-Aguilar, C. (2016). Uso múltiple de leguminosas como abono verde, en rotación con maíz, y heno, para producción de leche. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 17-29. doi:10.21930/rcta.vol17_num1_art:456.
- Chalate, M. H., Gallardo, L. F., Pérez, H. P., Lang, O. F. P., Ortega, J. E., & Vilaboa, A. J. (2010). Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical*, 28(3), 329-339.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt). (1993). *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas*. Ciudad de México, México: Cimmyt. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/894>.
- Cowan, T. (2001). Uso de forrajes ensilados en sistemas de producción animal en gran escala. En L. Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos* (pp. 31-40). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s05.htm>.
- Cuevas, R. V., Baca, M. J., & Sánchez, G. J. (2012). Actores en el desarrollo territorial rural elementos relevantes y redes de conocimiento de los extensionistas pecuarios en Sinaloa, México. *Spanish Journal of Rural Development*, 3(4), 63-78.
- Cuevas, R. V., Baca, M. J., Cervantes, E. F., Espinosa, J. A. G., Aguilar, A. J., & Loaiza, M. A. (2013). Factors which determine use of innovation technology in dual purpose cattle production units in Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 31-46.
- Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Espinosa, G. J. A., Vélez, I. A., & Montoya, F. M. D. (2016). Typology of dual-purpose cattle production farms in Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1), 69-83. doi:10.22319/rmcp.v7i1.4150.
- Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Astengo, C. H., Moreno, G. T., Borja, B. M., Reyes, J. J. E., & González, G. D. (2018). Análisis de la función de producción de leche en el sistema bovinos doble propósito en Ahome, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(2), 376-386. doi:10.22319/rmcp.v9i2.4545.
- Daberkow, S. G., & McBride, W. D. (2003). Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US. *Precision Agriculture*, 4(2), 163-177. doi:10.1023/A:1024557205871.
- Doss, C. R. (2006). Analyzing technology adoption using microstudies: limitations, challenges, and opportunities for improvement. *Agricultural Economics*, 34, 207-219. doi:10.1111/j.1574-0864.2006.00119.x.
- Feder, G., Just, R., & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255-298. doi:10.1086/451461.
- Fernández-Cornejo, F. J. (1996). The Microeconomic Impact of IPM Adoption: Theory and Application. *Agricultural and Resource Economics Review*, 25(2), 149-160. doi:10.1017/S1068280500007814.
- Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis* (7.ª ed.). Upper Saddle River, EE. UU.: Prentice Hall.
- Hassan, R. S. (2001). Causas principales del fracaso del uso del ensilaje en Pakistán. En L. Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos* (pp. 9-10). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s03.htm>.
- Hernández, E. L. A., Moreno, G. T., Reyes, J. J. E., & Loaiza, M. A. (2011). Costeño-201: nueva variedad de sorgo de temporal de doble propósito para Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5), 785-790.
- Herrera, M. J., Medina, J., & Quintero, H. F. (2008). Diseño de una máquina para el empaque de forraje de maíz para ensilaje: dosificación y compactación. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 61(2), 4676-4685.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2011). *Información por entidad*. Recuperado de <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/sin/territorio/clima.aspx?tema=me&e=25>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Sinaloa 2016*. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2016/702825083687.pdf.
- Katunga, M. M. D., Muhigwa, J. B. B., Kashala, K. C., Ipungu, L., Nyongombe, N., Maass, B. L., & Peters, M. (2014). Testing agro-ecological adaptation of improved herbaceous forage legumes in South-Kivu. *American Journal of Plant Sciences*, 5(9), 1384-1393. doi:10.4236/ajps.2014.59153.
- Loaiza, M. A. (2011). *Tecnologías productivas para ganaderos de Sinaloa*. Ciudad de México, México: Fundación Produce Sinaloa. Recuperado de <http://www.fps.org.mx/portal/index.php/paquetes-tecnologicos/108-bovinos/1833-tecnologias-productivas-para-ganaderos-de-sinaloa>.
- Mannetje, L. T. (2001a). Introducción a la Conferencia sobre el Uso del Ensilaje en el Trópico. En L. Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos* (pp. 1-4). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s03.htm#bm03>.
- Mannetje, L. T. (2001b). Perspectivas del uso del ensilaje en los trópicos. En L. Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos* (pp. 173-180). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s0c.htm#bm12>.

- McNamara, K. T., Wetzstein, M. E., & Douce, G. K. (1991). Factors Affecting Peanut Producer Adoption of Integrated Pest Management. *Review of Agricultural Economics*, 13(1), 129-139. doi:10.2307/1349563.
- Perales, R. M. A., Fregoso, T. L. E., Martínez, A. C. O., Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Reyes, J. J. E., ... Guzmán, R. J. L. (2000). Evaluación del sistema Agrosilvopastoral del sur de Sinaloa. En O. Maserá & S. López (Ed.), *Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural* (pp. 143-206). Ciudad de México, México: Mundiprensa.
- Rangel, J., Espinosa, J., De Pablos-Heredero, C., Barba, C., Vélez, A., Rivas, J., & García, A. (2017a). Adopción de innovaciones y prácticas organizativas de manejo, alimentación y reproducción en pequeñas unidades de producción de vacunos de doble propósito en México. *Revista Científica*, 27(1), 44-55.
- Rangel, J., Espinosa, J. A., De Pablos-Heredero, C., Rivas, J., Perea, J., Angón, E., & García-Martínez, A. (2017b). Is the increase of scale in the tropics a pathway to smallholders? Dimension and ecological zone effect on the mixed crop-livestock farms. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(2), 1-10. doi:10.5424/sjar/2017152-9561.
- Reiber, C., Schultze-Kraft, R., Peters, M., & Hoffmann, V. (2009). Potential and constraints of little bag silage for smallholders-results and experiences from Honduras. *Experimental Agriculture*, 45(2), 209-220. doi:10.1017/S0014479709007522.
- Reiber, C., Schultze-Kraft, R., Peters, M., Lentjes, P., & Hoffmann, V. (2010). Promotion and adoption of silage technologies in drought constrained areas of Honduras. *Tropical Grasslands*, 44, 231-245.
- Reiber, C., Schultze-Kraft, R., Peters, M., & Hoffmann, V. (2013). Lessons from silage adoption studies in Honduras. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1, 235-239. doi:10.17138/tgft(1)235-239.
- Teklewold, H., Kassie, M., & Shiferaw, B. (2013). Adoption of Multiple Sustainable Agricultural Practices in Rural Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics*, 64(3), 597-623. doi:10.1111/1477-9552.12011.
- Vilaboa, A. J., & Díaz, R. P. (2009). Caracterización socio-económica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del Estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 427-436.

