



Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riit.com.mx

Estudio exploratorio de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como actividad productiva del valle de Mexicali, México

Exploratory study of alfalfa (*Medicago sativa* L.) as a productive activity in the Mexicali valley, Mexico

Michel-López, C.Y.^{a*}, Caballero-Julián, S.^a, Flores-Garivay, R.^a, Lara-Rivera, A.L.^b, Morales-Hernández, J.C.^c, Zambrano-Reyes, C.^d

^a Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC), Carretera a Delta s/n Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. CP. 21705.

^b Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, CP. 66450.

^c Centro Universitario de la Costa, Departamento de Ciencias Exactas. Av. Universidad de Guadalajara No. 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta, Jalisco, México. CP. 48280.

^d Distrito de Desarrollo Rural 002, Río Colorado, Sonora, México CP. 21100.

michelc@uabc.edu.mx*; sara_caju@hotmail.com; rodrigo.flores.garivay@uabc.edu.mx; alarar@uanl.edu.mx; julio.morales@academicos.udg.mx; carlos.zambranor@bc.agricultura.gob.mx

Innovación tecnológica: Identificación de variedades de importancia agrícola y su impacto en la producción pecuaria y biotecnológica.

Área de aplicación industrial: Uso y manejo de los sistemas productivos de alfalfa en las regiones áridas.

Recibido: 09 enero 2023

Aceptado: 29 marzo 2023

Abstract

Currently, the regional production of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the Mexicali Valley stands as one of the main agricultural and economic activities. Considered the queen of forage crops, alfalfa production in the Baja California area has crossed borders, positioning itself as one of the main export products. However, information about the productive aspects is limited. Therefore, the main objective of the study was to carry out an analysis of the productive activity of alfalfa production systems in the Mexicali Valley based on semi-structured surveys. The study was carried out in the agricultural area of the Mexicali Valley, where 13 production units distributed among six communal farms were visited; producers were personally surveyed. The analyzes revealed that the CUF-101 variety has remained the main one throughout all production units; the availability of

water is the main limitation faced by farmers and they highlighted the importance of water for their development and production in the state. Therefore, the production units of the alfalfa systems need to be reassessed, analyzed and explored for a better development and use of the resource in Baja California.

keywords: alfalfa producers; surveys; forage; research; production.

Resumen

Actualmente la producción regional de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Valle de Mexicali se posiciona como una de las principales actividades agrícolas y económicas. Considerada la reina de los forrajes, la producción de alfalfa en la zona de Baja California ha sobrepasado las fronteras posicionándose como uno de los principales productos de exportación. Sin embargo, la información acerca de los aspectos productivos es limitada. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue realizar un análisis de la actividad productiva que manejan los sistemas de producción de alfalfa en el Valle de Mexicali con base en encuestas semiestructuradas. El estudio se llevó a cabo en la zona agrícola del Valle de Mexicali, donde se visitaron 13 unidades de producción distribuidas entre seis ejidos; los productores fueron encuestados de manera personal y los datos fueron analizados utilizando estadística descriptiva. Los análisis revelaron que la variedad CUF-101 se ha mantenido como la principal a lo largo de todas las unidades de producción; la disponibilidad de agua es la principal limitante a la que se enfrentan los productores y resaltaron la importancia de la misma para su desarrollo y producción en el estado. Por consiguiente, las unidades de producción de los sistemas de alfalfa requieren ser revalorados, analizados y explorados para un mejor desarrollo y aprovechamiento del recurso en Baja California.

Palabras clave: Productores de alfalfa, Encuestas, Forraje, Investigación, Producción.

I. Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) conocida como la reina de los forrajes, es una de las leguminosas forrajeras perennes más importantes a nivel mundial debido a su calidad nutricional y su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo ⁽¹⁾. Es la más utilizada para la cría de ganado bovino lechero en regiones áridas, semiáridas y subtropicales de México y el mundo ⁽²⁾. Es una especie de alto rendimiento que puede regenerar rápidamente tallos nuevos después de cosechada, esto a su vez permite que pueda ser cosechada en múltiples ocasiones durante su temporada de crecimiento ⁽³⁾.

La mayor superficie sembrada y cosechada de alfalfa se encuentra en los estados de Jalisco, Hidalgo, Guanajuato y en cuarto lugar por producción nacional está Baja California con 15.006 toneladas por hectárea al término de cosecha en el 2022; y en menor proporción los estados de Coahuila, Durango, Estado de México, Puebla y Tlaxcala ⁽⁴⁾. Así mismo, en el Valle de Mexicali la alfalfa es el tercer cultivo de mayor importancia, por superficie establecida, junto con el trigo y el algodón. En el año 2020, se reportó para el Valle de Mexicali una producción de 536 mil 838 toneladas de forraje verde en una superficie de 35 mil 708 hectáreas sembradas durante todo el año. El Valle es una de las zonas

agrícolas más importantes del noroeste de México, y la alfalfa es el tercer cultivo de mayor importancia para Mexicali debido a la superficie establecida, y que, en conjunto con el trigo y el algodón, destaca como el principal cultivo forrajero perenne de exportación de la región ^(5,6).

El cultivo de alfalfa ha desempeñado un papel importante en la producción animal debido a su alto contenido de proteína y minerales, así como gran palatabilidad y alta digestibilidad en un gran número de especies animales ⁽⁷⁾. Sin embargo, su uso en los sistemas de producción ha sufrido cambios debido a las variaciones climáticas. Adicionalmente, existen estudios que han demostrado que la sequía, la alta salinidad y el suministro de agua, son los principales factores que afectan el crecimiento y rendimiento de la alfalfa en las regiones áridas y semiáridas ^(8,9). A su vez, estudios recientes realizados en diferentes ambientes agroclimáticos han permitido identificar a las variedades que mejor se adaptan a climas y suelos específicos, además se tiene demostrado que los factores genéticos y ambientales contribuyen al rendimiento del cultivo ⁽¹⁰⁾. Sin embargo, en México y particularmente en el Valle de Mexicali, existe poca información sobre los parámetros productivos de las variedades de alfalfa que se comercializan, por lo anterior, el objetivo principal del estudio fue realizar un análisis de la actividad productiva que manejan los sistemas de producción de alfalfa en el Valle de Mexicali.

II. Materiales y equipos

2.1 Zona de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la región del Valle de Mexicali que se localiza en el extremo noroeste de México, en la región deltaica del río Colorado, al margen derecho del afluente; ubicado entre los paralelos 32° 43' 7.2" y 31° 38' 52.3" de latitud norte y 115° 48' 54.2" y 114° 43' 8.9"

de longitud oeste ⁽¹¹⁾. Presenta una superficie de aproximadamente 3,709.0 km² y se encuentra enclavado en una amplia cuenca de origen tectónico formada por sedimentos producto del material depositado por el Río Colorado y de los abanicos aluviales de la Sierra Cucapah ⁽¹²⁾.

El Valle de Mexicali es una zona árida con un clima extremo cuya temperatura varía entre 2 °C en invierno y 47 °C en verano, con lluvias muy escasas que responden a una precipitación media anual de 60 milímetros cúbicos ⁽¹³⁾. Tiene la peculiaridad de ser un área agrícola de riego, fuertemente intervenida por la acción humana y cuya cubierta vegetal original ha sido removida. La vegetación original corresponde al matorral desértico sonorense. Las áreas agrícolas donde se siembra algodón, alfalfa, gramíneas para forraje y grano representan el principal uso de la tierra ⁽¹⁴⁾.

2.2 Datos de campo

La investigación se basó en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) con alcance descriptivo y de temporalidad transversal, bajo las premisas de un método hipotético-deductivo ⁽¹⁵⁾. La información obtenida en el presente estudio se obtuvo a partir de la aplicación de encuestas a productores de alfalfa del Valle de Mexicali y fue analizada mediante estadística descriptiva en porcentaje. Las encuestas semiestructuradas fueron diseñadas para obtener información acerca de las prácticas actuales del cultivo y que serán necesarias para el establecimiento de objetivos particulares en pro de programas de fitomejoramiento de la alfalfa producida en el Valle, con la finalidad de poder guiar a los productores en la selección y manejo de las variedades para el mejoramiento de sus predios. Las unidades de producción seleccionadas para realizar las encuestas se encuentran localizadas dentro de los

principales ejidos productores de alfalfa del Valle de Mexicali (Figura 1).

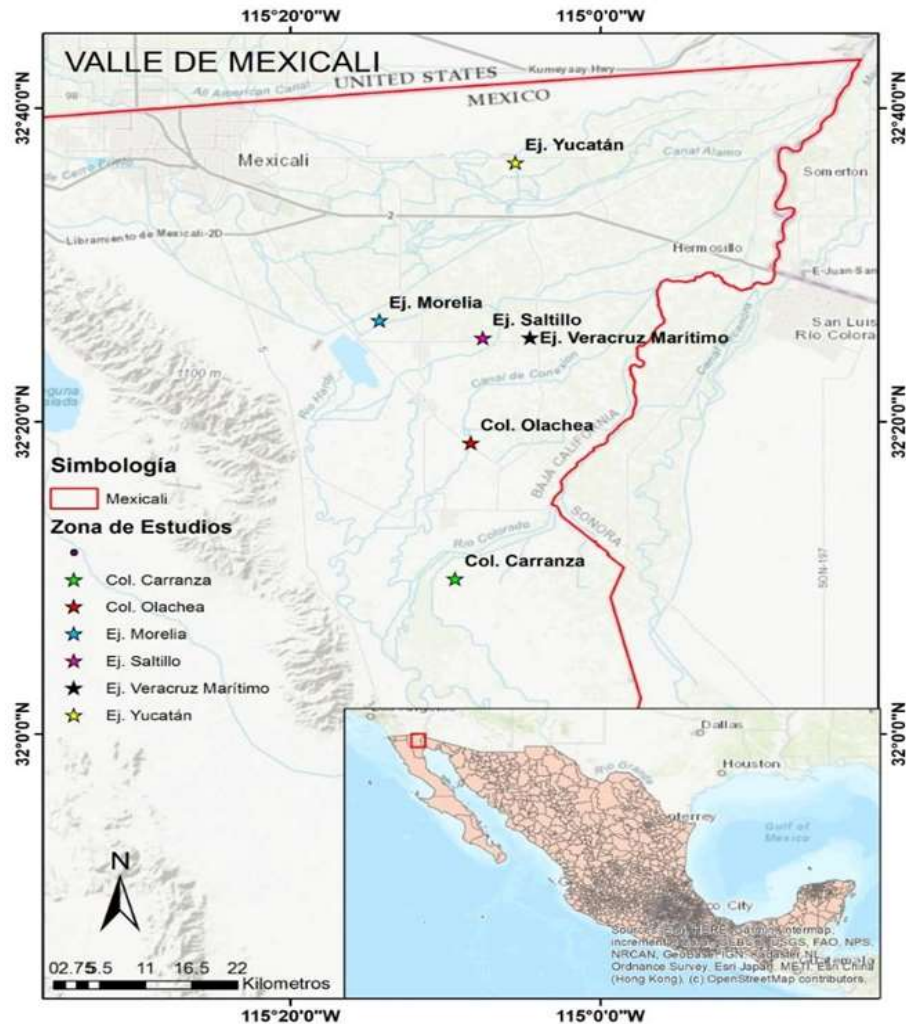


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio en el Valle de Mexicali, Baja California, México.

Las encuestas se realizaron de manera presencial durante los meses de agosto a octubre del 2018. La información fue proporcionada por los propios productores, mayordomos, agricultores y gerentes, encargados del cultivo y manejo de los datos en cada unidad productiva; posteriormente para el análisis de los datos fue aplicando estadística descriptiva; los datos se guardaron en hoja de cálculo y se graficaron en diagramas de pastel, para deducir la información porcentual.

La encuesta aplicada constó de 60 reactivos, mismos que fueron clasificados de la siguiente manera: I) datos de identificación del predio, II) características edáficas del predio, III) datos sobre las variedades de alfalfa, IV) datos sobre características de producción por variedad, y V) datos sobre preferencias para las nuevas variedades de alfalfa.

III. Resultados y discusión

3.1 Identificación de las unidades de producción

Las prácticas de manejo agrícola son un punto crítico para el cultivo de alfalfa y otras especies debido a que pueden tener grandes efectos positivos o negativos como la acumulación de enfermedades o un incremento en la abundancia de la biota benéfica del suelo ⁽¹⁶⁾. La producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) representa el 57.1% de la producción nacional de forraje en México ⁽¹⁷⁾. Por su parte, la superficie cultivada en el Valle de Mexicali varía en gran medida entre las 12 y 2000 hectáreas, con una media de aproximadamente 500 Ha, por unidad de producción.

Con respecto al equipamiento, los productores cuentan con una variedad importante de maquinaria agrícola, siendo las sembradoras, los tractores y las cortadoras distribuidas entre todos ellos. Adicionalmente, algunos productores tienen empacadoras, fertilizadoras, barbechadoras, rastrillos, sembradoras arados y discos para el manejo productivo del cultivo. La siembra se realiza en el mes de septiembre mayormente y se llega a extender en algunos casos hasta febrero. La cantidad de semilla que se siembra varía entre 20 y 50 kilogramos por hectárea con una media de 40 kg/ha. El 63% de los encuestados no cuentan con ningún tipo de seguro agrario (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación y superficie cultivada de las unidades de producción de alfalfa muestreadas en el Valle de Mexicali

Unidad de producción	Ejido (s)	Ubicación municipal	Superficie del predio (ha)	Superficie cultivada (ha)	Antigüedad del predio (años)	Seguro agrario
Agrícola el Pinacate	Olacheo, Carranza, Chapultepec, Triángulo, Buenfil, Pátzcuaro	Mexicali	1700	850	23	Si
Corrales Magaña	Ejido Guerrero, Xalapa, Morelia	Mexicali	300	300	30	Si
Lote 145	Ejido Carranza	Mexicali	180	60	NE	No
Rancho Zavala	Ejido Carranza	Mexicali	12	12	18	No
BH Asociados	Ejido Saltillo	Mexicali	1000	820	13	NE
Rancho JC	Colonia Zacatecas y Ejido Sombrerete	Mexicali	500	100	34	No
Rancho Ruano	Ejido Saltillo	Mexicali	500	500	20	Si
Machados Produce	Ejido Veracruz marítimo	Mexicali	210	210	18	Si
Corrales Valdivia	Ejido Saltillo	Mexicali	2000	2000	18	No
Perker sociedad	Colonia Carranza	Mexicali	200	100	40	No
22 de noviembre	Ejido Yucatán	Mexicali	1000	280	40	No
Agrícola Firomaza	Ejido Yucatán	Mexicali	2000	350	30	Si

NE: no especificado.

3.2 Características edáficas de la producción de alfalfa

La alfalfa es un cultivo forrajero de producción mundial que, debido a su alto rendimiento y su larga temporada de crecimiento, es una especie altamente demandante de agua debido a sus altas necesidades hídricas al tomar en cuenta su larga temporada de crecimiento; su demanda de consumo hídrico oscila entre 1.200 y 1.800 mm aproximadamente al año, lo que lo hace dependiente de la disponibilidad de agua de riego y el mayor consumidor potencial de agua ^(17,27), en comparación con otros cultivos como el trigo y el algodón. Requiere de suelos con pH neutro, de textura media a liviana, con buen drenaje, profundidad y alta disponibilidad de fósforo para poder expresar todo su potencial productivo ⁽¹⁾.

En este sentido, encontramos dentro de los aspectos edáficos que todos los productores conocen el tipo de suelo de sus predios, aunque no especificaron si han hecho análisis de los mismos, solo el (23%) indicó que en el pasado llevaron a cabo un análisis de agua con entes externos. Así mismo, el tipo de suelo predominante entre las zonas de estudio es el arenoso, seguido por el arcilloso, y en menor medida expresaron tener suelos francos, limosos y mixtos. No obstante, la mayor parte de los productores manifestó que no existen problemas de salinidad en sus predios (58%). Adicionalmente, a pesar de que solo el 41% de los productores desconoce los principales nutrientes que poseen sus predios, los que indicaron tener conocimiento manifestaron que el nitrógeno, el fósforo y el potasio son los que se encuentran en mayor abundancia (Tabla 2).

Tabla 2. Características edáficas y requerimientos del suelo en las unidades de producción.

Unidad de producción	Tipo de suelo	Salinidad	Principales nutrientes	Fertilidad del suelo (escala 1 al 10)	Procedencia del agua para riego	Sistema de Irrigación	Abono orgánico incorporado	Agua por ciclo de cultivo (L/Ha)
Agrícola el Pinacate	AR, BLARC	No	N, P	7	Pozo, canal, Río Colorado, particulares		No	90 a 100
Corrales Magaña	BL, MIX, ARC	Si	NE	8	Río Colorado		No	175
Lote 145	BL, LIM	Si	NE	5	Presa		No	125
Rancho Zavala	MIX	No	N	8	Presa		Sí, estiércol	117
BH Asociados	TN, SAL, LIM, FRA-ARC	Si	N, P	9	Presa		Composta	110
Rancho JC	MIX, AR, BL	Si	NE	9	Pozo	Gravedad	No	130
Rancho Ruano	FRA-ARC, ARC, LIM, ARC	Si	Calcio	8	Río Colorado		Sí, estiércol, nutripellet	120
Machados Produce	AR	No	N, P, K	8	Río Colorado		No	127
Corrales Valdivia	AR y ARC	No	N, P	8	Río Colorado		Sí, composta	130
Perker sociedad	TN, MIX, BL, FRA	No	NE	8	Río Colorado		No	117

22 de noviembre	AR	No	NE	7	Río Colorado, Pozo	No	200
Agrícola	LIMARC,	No	N, P, K	9	Río Colorado	Sí, Gallinaza	120
Firomaza	FRA-ARN-						

AR, ARC, BL, LIM, TN, SAL, MIX, FRA, FRA-ARC, FRA-AR: Arenoso, Arcilloso, Blanco, Limoso, Tierra Negra, Salitroso, Franco, Mixto, Franco Arcilloso, Franco Arenoso.

N, P, K: Nitrógeno, Fósforo, Potasio.

NE: No especificado.

Por otro lado, las prácticas agrícolas convencionales se caracterizan por el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y biocidas para optimizar el mayor rendimiento de los cultivos. Sin embargo, se ha demostrado que la aplicación excesiva de fertilizantes que contienen N causa efectos adversos en las comunidades bióticas, impactando de manera negativa en la calidad del suelo y agua ⁽¹⁸⁾. No obstante, la mayoría de los encuestados opinan que sus predios son muy fértiles (en una escala del 7 a 10). En este sentido, se ha demostrado de forma particular, que la capacidad de fijación de nitrógeno de las especies de alfalfa, reduce significativamente la aplicación de nitrógeno en el campo, lo que a su vez contribuye a un aumento drástico en la mejora de la calidad de los suelos. Así mismo, dentro de los sistemas forrajeros, además de los fertilizantes químicos, los aportes de N de los excrementos de animales de pastoreo, la aplicación de efluentes y la fijación biológica de nitrógeno asociada con las leguminosas contribuyen a los aportes de N en suelo ⁽¹⁹⁾. No obstante, se considera que la escasez de agua y la salinidad (Na^+) de los suelos, son los principales factores que limitan la supervivencia y el crecimiento de las plantas ⁽¹⁾.

En este mismo sentido, el agua se menciona como el principal factor limitante en la producción de los cultivos presentes en las regiones áridas y semiáridas del Valle de Mexicali, lo cual viene a impactar de manera directa en la producción de alimentos y fibra en el caso particular de la alfalfa ⁽⁹⁾. La disponibilidad de agua se menciona como la

problemática principal en el cultivo de alfalfa en Mexicali. En este sentido, todos los productores manifestaron tener dificultades con el abastecimiento de agua. El 50% de los cultivos utilizan agua de canal para riego, el 29% la obtienen de presa y el 21% de pozos. El 100% de los predios se riegan por gravedad. El consumo de agua por hectárea por ciclo de cultivo varía entre las diferentes unidades de producción de 100 a 200 mm con una media de 128 L/Ha.

Por su parte, el Valle de Mexicali constituye una extensa región agrícola bajo riego; cerca de 208 mil hectáreas tienen derecho de uso de agua para riego agrícola ⁽²⁰⁾. Sin embargo, estudios realizados por algunos autores ⁽²¹⁾, señalan que la estimación de la demanda económica del agua para riego ha incrementado de manera considerable en las zonas productivas del estado de Baja California, incluyendo el Valle de Mexicali.

Esta información coincide con reportes recientes de autores ⁽²²⁾, en donde se especifica que este tipo de sistemas de riego en las regiones productivas del Valle de Mexicali, San Luis, Imperial y Yuma, han sido implementados a través de los años. Sin embargo, se ha demostrado que estos sistemas tienen desventajas considerables en las regiones productivas debido a que se presentan pérdidas de agua por evapotranspiración, salinización de suelos y pérdida de aguas residuales, sin embargo, se continúa practicando por tradición. Por lo tanto, existe la creciente necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos y desarrollar formas sostenibles para

que la agricultura alcance las demandas de una población en constante crecimiento sobre todo en las regiones áridas y semiáridas del mundo ⁽²³⁾.

Por otro lado, aunado a los problemas de agua, a nivel mundial se ha identificado que la salinización del suelo es una de las mayores preocupaciones que afectan la producción de cultivos ⁽²³⁾, sin embargo, la mayor parte de los productores manifestó que no existen problemas de salinidad en sus predios (58%). No obstante, emplean diferentes estrategias como la preparación de los suelos, sobre riego, siembra en surco, mejorados de suelo, reguladores de crecimiento vegetal y la rotación de cultivos. Así mismo, dentro de las características que los propios productores han identificado en los predios como síntomas asociados al cultivo estresado por condiciones de compactación y salinidad de suelo encontramos, baja altura (33.3%), marchitez (41.6%), y en menor porcentaje el amarillamiento, agrietamiento, falta de germinación y deformación de la raíz (33.3%); sin embargo, no se encontró una relación aparente entre el abonado aplicado y la fertilidad de los predios, así mismo parece no existir una relación entre el origen del agua de riego y el concepto de fertilidad de suelo entre los productores.

Por su parte, la rotación de cultivos ha sido durante mucho tiempo la base de la práctica agrícola debido a que favorece el control de malezas, enfermedades y plagas de insectos en cultivos como la alfalfa provocado por el llamado “efecto de rotación” que mejora el rendimiento ⁽²⁴⁾. En este mismo orden encontramos que en algunas unidades de producción (33.3%) no aplican suplementos para la mejora de sus cultivos, sin embargo, la mayoría de los productores rotan cultivos (66.6%), como estrategia implementada para mejorar el rendimiento de sus predios, siendo el trigo, la avena y el algodón los más usados para este fin. De esta manera, las rotaciones

de cultivos entre cereales anuales y forrajes perennes ayudan a mejorar el medio ambiente reduciendo la erosión del suelo, incrementando el contenido de materia orgánica y disminuyendo la pérdida de nitratos ⁽²⁵⁾.

Como especie perenne, la alfalfa está sujeta a numerosos patógenos del suelo que se acumulan con el tiempo. Estos antagonistas pueden causar fuertes descensos en la productividad, lo que indica una retroalimentación negativa suelo-planta preocupante para la producción de alfalfa ⁽¹⁶⁾. En este sentido, los productores manifestaron que se enfrentan a dos principales enfermedades producidas por hongos como *Fusarium spp* (33.3%) y el causante de la pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnívora*) (25%), el resto no manifestó tener problemas con ellos (41.7%). No obstante, existe información que indica que la infección por hongos es una de las principales amenazas para la producción de alfalfa; sin embargo, durante muchos años, se han desarrollado e implementado variedades de alfalfa resistentes a especies de *Fusarium spp*, que han demostrado resistencia a las enfermedades producidas por dichos hongos ⁽²⁶⁾.

Por último, en el caso de las plagas encontramos el pulgón negro (*Toxoptera aurantii*), pulgón verde (*Schizaphis graminum*) y gusano soldado (*Spodoptera exigua*), los cuales tienen un impacto negativo en la mayoría de los predios reflejado en la disminución del rendimiento, falta de homogeneidad para el corte y en algunos casos la pérdida del cultivo (16.6%). No obstante, se ha demostrado que la capacidad que tiene la alfalfa de múltiples cortes, favorece la reducción de poblaciones de malas hierbas y proporciona una cobertura del suelo favorable para insectos, roedores y hongos que consumen semillas de malas hierbas ⁽²⁴⁾. Sin embargo, el principal

problema de producción al que se enfrentan los productores de alfalfa es la disponibilidad de agua, seguido de la temperatura como principal factor climatológico que determina el potencial del cultivo (100%), y que recientemente se ha demostrado que un aumento de la temperatura puede reducir su producción en regiones como las del Valle de Mexicali ⁽²⁷⁾.

3.3 Variedades de alfalfa

Con respecto a las variedades utilizadas en las unidades de producción se encontró que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad comercial CUF-101 ⁽²⁸⁾, es la variedad predominantemente cultivada y preferida por los productores del valle de Mexicali que durante 40 años la han cosechado. La variedad fue desarrollada tras varios años de selección por la Universidad de Davis, California y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. El 80% del germoplasma de CUF-101 proviene de la variedad “UC Cargo” ⁽²⁹⁾.

Inicialmente CUF-101 fue desarrollada para combatir la plaga del pulgón azul de la alfalfa (*Acyrtosiphon kondoi*), posteriormente se demostró su resistencia múltiple a insectos y plagas. De acuerdo con los encuestados del género masculino de entre 25 y 59 años de edad, la razón por la cual mencionan elegir esta variedad es por su resistencia a las condiciones climáticas, como las que se presentan en el Valle de Mexicali y su característica más valorada es su tamaño y alto rendimiento. Aunado a ello, se ha demostrado la capacidad y potencial que tienen diversas variedades de alfalfa genéticamente mejoradas, quienes presentan resistencia a la pudrición de la raíz, no obstante, podrían mejorarse aún más mediante técnicas de mejoramiento genético adicional ⁽²⁶⁾, sin embargo, ninguno de los productores menciona utilizar semillas genéticamente mejoradas (Tabla 3).

Tabla 3. Variedad y siembra de alfalfa cultivada en el valle de Mexicali.

Unidad de producción	Variedad (es) sembradas en el último año	Conocimiento de variabilidad genética	Siembra de variedad (Años)	Mes de siembra	Origen de la semilla	Densidad de siembra (kg/Ha)	Agroquímicos (Uso)
Agrícola el Pinacate	CUF-101	No	23	Septiembre	Comprada	35 a 40	Si
Corrales Magaña	CUF-101	No	30	Octubre	Comprada	40	Si
Lote 145	CUF-101	No	20	Septiembre	Propia	40	Si
Rancho Zavala	CUF-101	No	12	Octubre	Comprada	45	Si
BH Asociados (Valdivia)	CUF-101	No	13	Septiembre a Enero	Comprada	50	Si
Rancho JC	CUF-101	No	12	Septiembre a Octubre	Propia y Comprada	40	Si
Rancho Ruano	CUF-101	90% no certificada	20	Septiembre a Noviembre	Comprada	45.4	Si
Machados Produce	CUF-101	No	20	Septiembre a Octubre	Comprada	40	Si
Corrales Valdivia	CUF-101	No	18	Septiembre a Octubre	Comprada	40 a 50	Si
Perker sociedad	CUF-101	No	40	Octubre a Noviembre	Propia	35 a 37	Si

22 de noviembre	CUF-101	No	20	Octubre	Comprada	40	Si
Agrícola Firomaza	CUF-101	No	20	Octubre a Febrero	Comprada	20	Si

3.4 Características de producción y comercialización de la alfalfa

En cuanto al manejo agronómico, los productores enfatizan en observar cómo característica principal la altura de planta que varía desde 30 cm a 1 metro, destacando considerablemente la altura promedio de 80 cm (41.6%) como la preferida por la mayoría de los productores, y lo cual se ve reflejado en un manejo adecuado del cultivo al momento de corte. Así mismo, ellos consideran que una buena variedad como la CUF-101, debe presentar características como vigor, buen rendimiento, con resistencia a estrés hídrico, a plagas, que soporte temperaturas extremas, y proporcione mayor follaje.

En este mismo sentido, el valor nutricional de la alfalfa es una característica importante dado su uso como forraje con gran valor económico. Es reconocido como un cultivo forrajero importante en donde la cosecha, el almacenamiento y la venta del mismo son componentes integrales de las industrias láctea y ganadera en países como Brasil, Argentina, Estados Unidos y México ⁽³⁰⁾. Es así que la alfalfa es considerada el componente básico de los programas de alimentación de ganado lechero, seguido de bovinos, equinos, ovinos, entre otros. Su importancia económica radica en su gran potencial de producción de biomasa superior

a las 80 T/Ha verde y unas 20 T/Ha de materia seca ⁽³¹⁾. En este sentido, los productores manifiestan que, si obtienen mayor follaje, obtendrán mayor corte y por ende mayor número de pacas, traducido a mayores ingresos por la venta de sus productos.

En México, los establos lecheros especializados y de gran escala aportan el 50% del suministro nacional de leche ⁽³²⁾. Se encuentran ubicadas en su mayoría en ambientes áridos y semiáridos del norte y centro de México, donde la escasez de agua limita la producción de alfalfa para ensilaje y otros cultivos ⁽³³⁾. En el Valle de Mexicali, la mayor parte de la producción de alfalfa cultivada se destina al consumo regional (67%). Los principales compradores son los ganaderos del estado que la utilizan como forraje. Tradicionalmente todos los productores comercializan la alfalfa en forma de pacas con un peso de entre 50 hasta 65 kg, con precios de venta que fluctúan entre \$130 y \$180 pesos mexicanos por paca y \$2,200 y \$3,000 por tonelada. Existe información que determina que la alfalfa es el pasto forrajero con un precio de mercado más alto en comparación con otros debido a su producción en masa y a los bajos costos de manejo del cultivo ⁽³⁴⁾. No obstante, los productores manifestaron tener ventas del 100% o el autoconsumo, y no tener problemas para la venta o distribución de su producto (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimiento y comercialización de la alfalfa del valle de Mexicali.

Unidad de producción	Rendimiento (T/Ha)	Venta (%)	Comercialización (Pacas de 50 a 65 kg)	Precio de venta (Ton)	Mercado
Agrícola el Pinacate	5	100	Pacas	3000	Regional
Corrales Magaña	18	20	Pacas	3000	Regional
Lote 145	NE	100	Pacas	3000-3500	Regional
Rancho Zavala	NE	100	Pacas	NE	Regional
BH Asociados (Valdivia)	5	95	Pacas	NE	Nacional
Rancho JC	NE	90	Pacas	2700	Regional
Rancho Ruano	14	95	Pacas	3000	Nacional
Machados Produce	18	100	Pacas	2600	Regional
Corrales Valdivia	3	90	Pacas	3100	Internacional/ Nacional
Perker sociedad	3	100	Pacas	NE	Regional
22 de noviembre	NE	80	Pacas	NE	Regional
Agrícola Firomaza	3.5	100	Pacas	NE	Internacional/ Nacional

NE: No especificado.

Por otro lado, el 100% de las unidades de producción llevan a cabo el manejo de la tierra adicionando fertilizantes, herbicidas y agroquímicos entre los que destacan el P1152, cletodin, piretroides, organofosforados, plaguicidas comerciales de uso común, que si bien no es una práctica adecuada debido al impacto que tienen en el ambiente, los productores manifiestan la “necesidad de incorporarlos en su práctica agrícola” debido a que mejoran el rendimiento e incrementan la perdurabilidad de su predio. Así mismo, algunos reportes ⁽³⁵⁾ indican que juegan un papel importante en el desarrollo agrícola, debido a que reducen las pérdidas de los productos, mejoran el rendimiento y productividad, incrementan la calidad de los alimentos, y ayudan en el control de vectores o agentes causantes de enfermedades en los cultivos.

Las leguminosas forrajeras se cultivan ampliamente en zonas semiáridas, no sólo como fuente de forraje sino también para mejorar el entorno ecológico y la calidad del suelo ⁽³⁶⁾. En este sentido, la fertilidad del suelo es otro factor de importancia en el manejo del cultivo de alfalfa que influye en el rendimiento y la persistencia del forraje. No obstante, estudios recientes han demostrado una influencia positiva en el rendimiento y supervivencia de la alfalfa en suelos nutridos con fósforo y potasio ⁽³⁷⁾. El fósforo restringe el crecimiento de las plantas más que otros elementos debido a su baja movilidad y biodisponibilidad. Su disponibilidad en el suelo disminuye a medida que las plantas de alfalfa crecen, lo cual se correlaciona positivamente con el incremento del rendimiento de las mismas ⁽³⁶⁾.

3.5 Nuevas variedades de alfalfa

Las semillas de una planta de alfalfa son genéticamente heterogéneas. Por esta razón, el progreso del mejoramiento de la alfalfa ha sido particularmente lento en comparación con otros cultivos de importancia ⁽³⁸⁾. En este aspecto, el 25% de los encuestados mencionó usar semilla propia y el resto compra cada ciclo.

Los productores manifiestan la necesidad de considerar a mediano plazo, la implementación de nuevas variedades mejoradas genéticamente (GM) que permitan por una parte tener una producción eficiente con requerimientos mínimos de agua y con características fisiológicas adaptadas a las condiciones del valle. Por su parte, actualmente en los sistemas forrajeros de Estados Unidos, Canadá, México, Japón y Argentina han sido autorizados y desregulados para la producción de alimentos, piensos e importación, diversas variedades de alfalfa GM resistentes a herbicidas como glifosato y con lignina reducida, las cuales presentan características y rasgos adaptados a las condiciones locales de crecimiento, y su aplicación como doble propósito (heno y pastoreo) ^(39,40).

IV. Conclusiones

El presente estudio permitió conocer y describir la importancia que representa la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) para la zona del Valle de Mexicali, debido a que representa una fuente de ingreso directo e indirecto, por su aporte a la producción de carne y leche, y al brindar forrajes a precios competitivos y de manera oportuna, que proveen de una fuente de proteína para generar productos y subproductos con calidad de exportación. Así mismo, se refuerza la necesidad de introducir y estudiar nuevas variedades más resistentes a los problemas de suelo a los que el productor se ha estado enfrentado, ocasionando la necesidad de la resiembra. Por lo anterior, es necesario

implementar estrategias de mejora, producción, y comercialización del cultivo de alfalfa, que le permitan a los productores poder obtener beneficios redituables con base en la calidad de su producción, y que sin duda beneficiará a muchas familias bajacalifornianas que viven de ello.

V. Agradecimientos y conflicto de interés

Los autores extienden su agradecimiento, apoyo y participación activa a cada uno de los productores de alfalfa del Valle de Mexicali; al Prodep (F-PROMEP-38/Rev-04, SEP-23-005) por el financiamiento y al Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC por las facilidades brindadas para el desarrollo del proyecto. Los autores declaran que no existe conflicto de interés de ningún tipo.

VI. Referencias

1. Yang, H, An F, Yang F, Wang Z. (2019). "The impact of irrigation on yield of alfalfa and soil chemical properties of saline-sodic soils", *PeerJ*: 7e7148. <https://doi.org/10.7717/peerj.7148>.
2. Acharya, JP, López Y, Gouveia TB, de Bem Oliveira I, Resende Jr FR, Muñoz PR, Ríos EF. (2020). "Breeding Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Adapted to Subtropical Agroecosystems", *Agronomy* 10(5):742. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050742>.
3. Bingzhe, Fu; Zhigang L, Xueqin G, Longguo W, Jian L, Wendong, P. (2021). "Effects of subsurface drip irrigation on alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth and soil microbial community structures in arid and semi-arid areas of northern China", *Applied Soil Ecology* 159:103859. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103859>.

4. Sánchez-Santillán, P, Maldonado-Peralta MA, Rojas-García AR, Torres-Salado N, Herrera-Pérez J, Bottini-Luzardo, MB, Wilson-García CY, Quero-Carrillo AR. (2019). Productividad de variedades de alfalfa en el Valle de México. *Acta Universitaria*; 29. <http://doi.org/10.15174.au.2019.2202>.
5. Martínez-Varela, KJ, Ceceña-Durán C, González-Mendoza D, Grimaldo-Juárez O. (2015). "Control de la marchitez *Fusarium oxysporum* f. sp. *Medicaginis* en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Valle de Mexicali, Baja California". Universidad Autónoma de Baja California, *OmniaScience* (Omnia Publisher SL). <https://doi.org/10.3926/oms.275/> ISBN: 978-84-944229-4-2.
6. SADER. (2020). "Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Supera cosecha de alfalfa las 536,838 toneladas en el Valle de Mexicali". Representación, Agricultura, Baja California. <https://www.agricultura.gob.mx/datos-2020>. Consultado 13 de mayo de 2020.
7. Bazán, RV, Coronado YAG, Fuentes, NN. (2017). "Comportamiento Productivo de la Alfalfa (*Medicago sativa*) de la Variedad Caravelí Sometida al Pastoreo en el Valle de Hualar", *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 28:743-749. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13359>.
8. Lins, AMC, Boge A, Jinguo B, Fransen H, Norberg SS, Long-Xi Y. (2020). "Identification of genetic loci associated with forage quality in response to water deficit in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.)", *BMC Plant Biology* 20: 303. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02520-2>.
9. Djaman K, Smeal D, Koudahe K, Allen S. (2020). "Hay yield and water Use Efficiency of Alfalfa under Different Irrigation and Fungicide Regimes in a Semiarid Climate", *Water* 12:1721. <https://doi.org/10.3390/w12061721>.
10. Álvarez-Vázquez P, Hernández-Garay A, Mendoza-Pedroza SI, Rojas-García AR, Wilson-García CY, Alejos-de la Fuente JI. (2018). "Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas", *Agrociencia* 52: 841-851. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952018000600841&lng=en&tlng=es.
11. CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. Consultado el 22 de noviembre de 2019. Sitio web: <https://www.gob.mx/conagua>.
12. Lira HH. (2005). "Actualización del modelo geológico conceptual del campo geotérmico de Cerro Prieto, B.C", *Geotermia. Revista Mexicana de Geoenergía* 18(1):37-46.
13. Almaraz A. (2015). "Algodón en el valle de Mexicali y los límites del intervencionismo estatal (1914-1950)", *Apuntes* 42:129-159.
14. Alaniz-Gutiérrez L. (2017). "Caracterización palinológica de las mieles del valle de Mexicali, Baja California, México", *Polibotánica* 43:255-283. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.12>.
15. Neill DA y Cortez SL (2018). "Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica". Primera edición. Editorial UTMACH, Gestión de proyectos editoriales universitarios; 125 pag. ISBN: 978-9942-24-093-4.

16. Awodele, SO, Bennett JA. (2022). "Soil biota legacies of alfalfa production vary with field conditions and among varieties and species", *Agriculture, Ecosystems & Environment* 335(107994). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107994>.
17. Bringas-Burgos, B, Mendoza-Muñoz I, Navarro-González, C, González-Ángeles, A, Jacobo-Galicia, G. (2020). "Análisis de sistemas de riego por gravedad y goteo subsuperficial basada en una encuesta de muestra de conveniencia en el valle de Mexicali", *Vínculos-Espe* 5:3: 13 – 32. <https://doi.org/10.24133/vinculosespe.v5i3.1725>.
18. Gulshan, KS, Shakeel AK, Manoj S, Ranjan B, Anil SN, Arti GB. (2022). "Phycoremediated N-fertilization approaches on reducing environmental impacts of agricultural nitrate leaching", *Journal of Cleaner Production* 345 (131120). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131120>.
19. Houlbrooke, DJ., Laurenson S. (2013). "Effect of sheep and cattle treading damage on soil microporosity and soil water holding capacity", *Agricultural Water Management* 121, Pages 81-84, ISSN 0378-3774. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.01.010>.
20. Zavala-Álvarez, J. (2006). "Estancamiento y desaliento del desarrollo productivo en la región agrícola del Valle de Mexicali, Baja California: un análisis tendencial", *Estudios fronterizos* 7:63-94.
21. Medellín-Azuara J., Mendoza-Espinosa, LG, Lund, JR, Harou, JJ y Howitt, RE. (2009). "Virtues of simple hydroeconomic optimization: Baja California, Mexico", *Journal of Environmental Management* 90 3470–3478. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.032>.
22. Cital, F, Ramírez-Hernández J, García-Hernández J, García-Leyva G, Rodríguez-Burgueño JE, Ramírez-Barreto M.E. (2022). "Ecosystem services (ES) provided by ditches in a desert agricultural valley", *Ecological Engineering* 174:106462. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106462>.
23. Mbarki, S, Skalicky M, Talbi O, Chakraborty A, Hnilicka F, Hejnak V, Zivcak M, Brestic M, Cerda A, Abdelly C. (2020). "Performance of *Medicago sativa* grown in clay soil favored by compost or farmyard manure to mitigate salt stress", *Agronomy* 10: 94. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010094>.
24. Goplen JJ, Coulter JA, Sheaffer CC, Becker R, Breitenbach FR, Behnken LM, Gunsolus JL. (2018). "Economic Performance of Crop Rotations in the Presence of Herbicide-Resistant Giant Ragweed", *Crop Economics, Production & Management Agronomy Journal* 110: 260 268. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.09.0536>.
25. Poffenbarger, H, Artz G, Dahlke G, Edwards W, Hanna M, Russell J, Sellers H, Liebman M. (2017). "An economic analysis of integrated crop-livestock systems in Iowa, U.S.A.", *Agricultural Systems* 157: 51-69. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.001>.
26. Cong, L, Sun Y, Long R, Kang J, Zhang T, Li M, Wang Z, Yang Q. (2017). "Modulation of protein expression in alfalfa (*Medicago sativa* L.) root and leaf tissues by *Fusarium proliferatum*", *Journal of Integrative*

- Agriculture* 16: 2558–2572.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61690-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61690-3).
27. Medina-García, G, Echavarría-Cháirez FG, Ruiz-Corral JA, Rodríguez-Moreno V. M, Soria-Ruiz, J, De la Mora-Orozco C. (2020). “Efecto del calentamiento global sobre la producción de alfalfa en México”, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11:34-48.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4686>.
 28. Lehman W, Nielson M, Marble V. and Stanford E. (1983). “Registration of cuf 101 alfalfa (reg. no. 119)”, *Crop Science* 23: 398.
 29. UC Davis Foundation Seed Program. Copyright The Regents of the University of California, Davis campus. Consultado en octubre de 2019. Sitio web: <https://fsp.ucdavis.edu/seed-catalog/alfalfa-varieties/cuf-101>
 30. Coblenz, WK, Hoffman PC. (2009). “Effects of bale moisture and bale diameter on spontaneous heating, dry matter recovery, in vitro true digestibility, and in situ disappearance kinetics of alfalfa-orchardgrass hays”, *Journal of Dairy Science* 92 :2853-2874.
<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1920>.
 31. Ramos-Ulate, CM, Pérez-Álvarez S, Guerrero-Morales S, Palacios-Monarrez A. (2021). “Biofertilization and nanotechnology in alfalfa (*Medicago sativa* L.) as alternatives for a sustainable crop”, *Cultivos Tropicales* 42(2),1.
 32. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Datos Abiertos de Estadística de Producción Agrícola. Consultado el 14 de octubre de 2019 y diciembre de 2022, website: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
 33. Santana, OI, Olmos-Colmenero JJ, Wattiaux MA. (2019). “Replacing alfalfa hay with triticale hay has minimal effects on lactation performance and nitrogen utilization of dairy cows in a semi-arid region of Mexico”, *Journal of Dairy Science* 102:8546-8558.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-16223>.
 34. Neres, MA, Nath CD, Hoppen SM. (2021). “Expansion of hay production and marketing in Brazil”, *Heliyon* 16;7(4): e06787.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06787>.
 35. Tudi, M, Ruan D, Wang H, Lyu L, Sadler J, Connell R, Chu, D, Phung CDT. (2021). “Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment”, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18: 1112.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>.
 36. Kong, M, Jing K, Cheng-Long H, Yan-Jie G, Kadambot HMS, Feng-Min Li. (2020). “Nitrogen, phosphorus, and potassium resorption responses of alfalfa to increasing soil water and P availability in a semi-arid environment”, *Agronomy* 10: 310.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10020310>.
 37. Berg, WK, Lissbrant S, Cunningham SM, Brouder SM, Volenec JJ. (2018). “Phosphorus and potassium effects on taproot C and N reserve pools and long-term persistence of alfalfa (*Medicago sativa* L.)”, *Plant Science* 272:301-308.
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.02.026>. PMID: 29807603.
 38. Zheng, L, Wen J, Liu J, Meng X, Liu P, Cao N, Dong J, Wang T. (2022).

- “From model to alfalfa: Gene editing to obtain semidwarf and prostrate growth habits”, *The Crop Journal* 10, 4, 932-941, ISSN 2214-5141. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.11.008>.
39. Barros, J, Temple S, Dixon RA. (2019). “Development and commercialization of reduced lignin alfalfa”, *Current Opinion in Biotechnology* 56:48-54. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.09.003>.
40. Choi, W, Kim IR, Lim HS, Lee J. R A. (2020). “Multiplex PCR Method for the Detection of Genetically Modified Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Analysis of Feral Alfalfa in South Korea”, *Proceedings of National Institute of Ecology* 1:83-89. <https://doi.org/10.22920/PNIE.2020.1.1.83>.