



Alfalfa y estrés hídrico: un problema para el sector pecuario

Consuelo López Campos¹
Carlos Abel Ramírez Estrada²
Omar Cástor Ponce García³
Ricardo Valdez Morales¹
Alejandro Palacio-Márquez^{1*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, CP. 33000 Delicias, Chihuahua, México

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD), Av. 4 Sur 3828, Pablo Gómez, CP. 33088 Delicias, Chihuahua, México

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, campo experimental Delicias. Labor Ejido Rosales Kilómetro 2, Delicias, CP. 33000 Delicias, Chihuahua, México

*Autor para correspondencia: apalaciom@uach.mx

Uno de los problemas más preocupantes en el norte de México es la sequía ya que afecta la producción de cultivos como la alfalfa, la cual presenta gran importancia económica, pero a su vez demanda grandes cantidades de agua, por ello la escasez hídrica afecta su calidad y cantidad del forraje. A pesar de esto, existen algunas alternativas que nos abren la puerta para gestionar los recursos hídricos de manera eficiente.

Introducción

La alfalfa es un cultivo que representa una importante derrama económica y es altamente demandado para satisfacer las necesidades del sector pecuario, encontrándose su mayor producción en el norte de México, con una superficie sembrada de 410,000 hectáreas y un rendimiento de 39 millones 190 mil toneladas con un valor de producción de 29 mil 666 millones de pesos, siendo los principales productores los estados de Chihuahua, Sonora, Durango y Baja California, que en conjunto aportan el 51 % de la producción nacional.



Para el norte de México, el cultivo de la alfalfa es uno de los más importantes, ya que representa un alto valor comercial. Sin embargo, la sequía ha afectado fuertemente la producción, ya que es un cultivo que demanda altas cantidades de agua.



La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas caracterizada por su capacidad de crecimiento radicular y tolerancia al estrés. Su ciclo de vida puede extenderse entre 4 y 10 años y es considerado como un excelente cultivo forrajero debido a su alto contenido de proteína. Su aporte energético y su contenido de fibra, vitaminas y minerales; utilizado como parte esencial de la dieta de bovinos y ovinos. Esta alta demanda coloca al cultivo como un recurso de alto impacto económico, convirtiéndose en sustento económico para muchas familias mexicanas, sobre todo en la zona norte del país (Fig. 1).

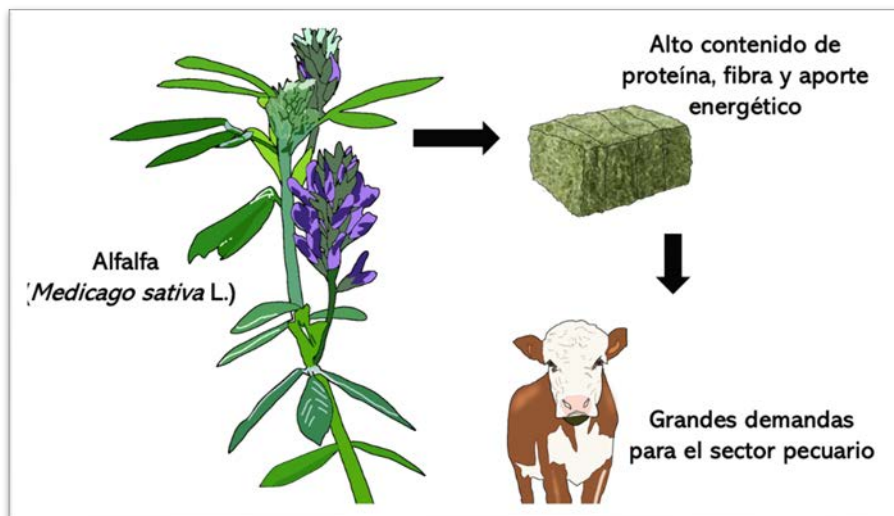


Figura 1. Características e importancia de la alfalfa como cultivo forrajero en el norte de México.

Desarrollo

Problemas para su producción en la actualidad: ¿Cómo afecta la sequía a la alfalfa?

En el norte de México, desde hace aproximadamente cuatro años, la escasez de agua se ha considerado como severa, debido a que al ser una región con clima seco las lluvias oscilan entre los 400 y 500 mm anuales. En el ciclo agrícola 2024 no se contó con la cantidad de agua necesaria para cubrir el total de hectáreas que habían sido cosechadas en años anteriores, debido a que, solo se registraron 229.7 mm anuales de lluvia. La alfalfa fue uno de los cultivos que tuvo más afectaciones a causa de las diferentes implicaciones del cambio climático. La falta de agua disponible y aumentos en la temperatura promedio, generan un incremento en la transpiración, provocando que la poca agua disponible no se aproveche por la planta.

El cambio climático es un disturbio atmosférico que llegó para quedarse, provocando inundaciones, incremento de la radiación solar, heladas más intensas, etc.; por lo que, el establecer medidas resilientes será lo que nos permita seguir adelante como seres humanos.



La alfalfa se encuentra distribuida en las áreas áridas y semiáridas de México, generalmente se cultiva bajo condiciones de riego y se considera uno de los cultivos más resistentes a la sequía o más específicamente al estrés hídrico. Este cultivo, en condiciones óptimas, tiene un promedio de vida de cuatro años productivos, manteniendo su calidad como forraje, obteniendo por año en promedio 95.7 toneladas por hectárea dividido entre 8 y 10 cortes, siendo la mejor época del año para su desarrollo vegetativo en primavera-verano. A pesar de contar con largas raíces que le permiten tolerar la falta de agua por periodos largos de tiempo, si se busca una producción elevada y, sobre todo, alta calidad en el forraje, se le deben proporcionar cantidades de agua excesivas, alcanzando un consumo de agua que ronda entre los 12 y los 18 millones de litros anuales. Además, según un estudio de la Universidad de California, Davis (UC Davis), cada kg de forraje de alfalfa seca consume entre 700 y 900 litros. En caso de no alcanzar ese nivel de humedad, la calidad del forraje se ve afectada gravemente y su producción puede disminuir hasta en un 30 %.

El estrés hídrico en las plantas se puede definir como una respuesta a un desequilibrio que se presenta entre la transpiración y la disponibilidad de agua que se puede absorber. Es bien sabido que todas las plantas necesitan cierta cantidad de agua para lograr el máximo desarrollo posible, en el caso específico de la alfalfa, aunque el cultivo sobrevive al estrés, la producción si sufre alteraciones significativas. Los principales efectos del estrés hídrico se pueden observar en la

De las medidas a considerar para gestionar un uso más eficiente del agua se encuentra el establecimiento de sistemas de riego de precisión, con los que se pueden llegar a tener ahorros del 40% en el agua consumida.

disminución de la germinación y crecimiento, daños severos en el aparato fotosintético y por ende un descenso en la fotosíntesis y absorción de nutrientes. De igual forma, la falta de agua afecta el desarrollo del tallo, así como, el número de tallos por planta, número de entrenudos por tallo y el largo de éstos. Además, el tamaño de la hoja se reduce de 4 cm² por hoja en condiciones de riego adecuado, a 1 cm² por hoja bajo condición de sequía (Fig. 2).



¿Cómo manejar la poca disponibilidad de agua?

Aunque el estrés hídrico en la alfalfa ha sido poco estudiado, hay certeza de la existencia de diferentes alternativas para mejorar la eficiencia del agua durante el ciclo fenológico del cultivo. Sin embargo, antes de aplicar alguna de ellas, se debe considerar el índice de estrés hídrico del cultivo, el cual se basa en la determinación de la tasa de transpiración actual de un cultivo mediante la medición de la temperatura de la hoja (dosel) y el déficit de presión de vapor.

Figura 2. Efectos del estrés por sequía en el desarrollo de plantas de alfalfa.

- Menor germinación.
- Daño en hojas y menor fotosíntesis.
- Menor desarrollo de brotes.
- Reducción de tamaño y número de hojas.

Así mismo, es importante conocer las características que debe tener un suelo para que permita mejores aprovechamientos en consumo de agua. Por ejemplo, una correcta labranza y preparación del terreno son un punto clave, ya que, permiten mayor retención de agua y mejor desarrollo. Así mismo, la incorporación de materia orgánica ha probado reducir la infiltración y mejorar la disponibilidad de agua en el suelo.

Otra alternativa de manejo, aunque representa una inversión económica fuerte, es la implementación de sistemas de riego presurizados, esto debido a que actualmente el 80 % de la superficie sembrada con alfalfa es regada mediante gravedad lo que genera pérdidas de hasta el 50 % del agua aplicada, por lo que establecer sistemas de riego por goteo o aspersión podrían generar ahorros de un 20 a 30 % en el consumo de agua anual.

Las actividades primarias como la agricultura, ganadería y pesca serán las más afectadas, estimándose una reducción del 59 % con pérdidas cercanas a los 38 mil millones de dólares.





Una estrategia novedosa y sustentable para solucionar problemas causados por el estrés en las plantas, es el uso de soluciones preparadas de manera natural llamadas bioestimulantes, los cuales se definen como sustancias y/o microorganismos cuya función es estimular los procesos naturales para mejorar la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo. Los bioestimulantes son una ventana a la innovación; estos compuestos orgánicos que se utilizan para retrasar o acelerar un determinado proceso fisiológico en las plantas, también aportan mayor resistencia a las condiciones de estrés hídrico.

De las medidas novedosas para mitigar los efectos del estrés abiótico, y particularmente el estrés hídrico en las plantas, son los bioestimulantes que incrementan la resistencia a periodos de sequía, regulan los niveles de agua y la absorción de nutrientes por las plantas.

Uno de los bioestimulantes más innovadores son las nanopartículas de óxido de zinc en conjunto con el quitosano. Dicha mezcla se aplica de manera foliar en áreas que se vean afectadas por el estrés hídrico, debido a que en estos dos bioestimulantes protegen a la planta del estrés oxidativo y ayudan a su crecimiento. Otra ventaja de estos compuestos es que son poco tóxicos, naturales y biodegradables.

Por otro lado, la aplicación exógena de ácido salicílico y ácido abscísico ha mostrado incrementar la resistencia a periodos de sequía en cultivos. De igual forma, promueven la regulación en la apertura y cierre de estomas ante la presencia de un estrés abiótico y por ende el uso del agua sea más eficiente (Tabla 1).

Retos para la juventud

Sin duda, el cambio climático es una problemática que va en aumento a través de los años, y que trae consigo muchas dificultades para los agricultores. Por ello, es necesario crear conciencia sobre la importancia del correcto manejo de recursos y buscar alternativas que promuevan la conservación. Los jóvenes tienen la mayor responsabilidad de integrar técnicas innovadoras, como cambios en el manejo del cultivo o el uso de sustancias con acción bioestimulante en los sistemas de producción agrícolas actuales.



Tabla 1. Principales bioestimulantes utilizados en la agricultura

Tipo de bioestimulante	Principales funciones	Ejemplos
Compuestos húmicos	Contribuyen a la regulación de muchos procesos ecológicos y ambientales que son cruciales para el crecimiento de las plantas, regulan el ciclo del carbono y el nitrógeno del suelo, además de que mejoran la estabilización de la estructura del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Huminas • Leonardita • Ácido húmico • Ácido fúlvico
Microorganismos benéficos	Contribuyen a mitigar tanto estrés abiótico como biótico, incluido el control de patógenos, una mayor tolerancia a la sal, una mayor resistencia a los metales pesados y otras toxinas; así como ayudar al aumento del crecimiento y rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rhizobium</i> • <i>Azotobacter</i> • <i>Bacillus</i> • <i>Trichoderma</i> • <i>Bauveria</i> • Micorrizas
Extractos de algas	Tienen efectos en el crecimiento de plantas, aumento en la actividad fotosintética y contenido de clorofila, aumentos en la actividad de las enzimas relacionadas al metabolismo nitrogenado, lo que lleva a un mayor contenido de proteínas y aminoácidos.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ascophyllum nodosum</i> • <i>Saragassum</i> • <i>Ecklonia máxima</i> • <i>Spirulina</i>
Compuestos inorgánicos	Se han encontrado efectos positivos en la rigidez de la pared celular, reducción en la transpiración bajo estrés hídrico, regulación térmica ante el estrés por temperatura, protección antioxidante, además de la síntesis y señalización de hormonas vegetales.	<ul style="list-style-type: none"> • Silicio • Selenio • Nanopartículas metálicas
Biopolímeros	Diversos estudios han probado que actúan como inductores que pueden activar las respuestas de defensa de las plantas e inducir a las plantas a producir compuestos protectores en contra del estrés.	<ul style="list-style-type: none"> • Alginato • Quitina • Quitosano

Conclusiones

La sequía es una de las principales problemáticas que limitan la producción de alimentos y afectan la actividad agrícola. La escasez de agua en zonas productoras de alfalfa del norte de México ha ocasionado una alta tasa de estrés por factores abióticos, que disminuyen la productividad del cultivo. A pesar de la difícil situación, es importante estudiar alternativas de solución que permitan mantener la productividad de manera sostenible, es decir sin comprometer los recursos hídricos.



Literatura recomendada

Zaccaria, D., Carrillo-Cobo, M. T., Montazar, A., Putnam, D. H., & Bali, K. (2017). Assessing the viability of sub-surface drip irrigation for resource-efficient alfalfa production in central and southern California. *Water*, 9(11), 837.

Quiroga Garza, H. M. (2008). Increase in water use efficiency by alfalfa with water-limiting irrigations during summer. *Revista Terra Latinoamericana*, 26(2), 111-117.

Palacio-Márquez, A., Ramírez-Estrada, C. A., Sánchez, E., Ojeda-Barrios, D. L., Chávez-Mendoza, C., Sida-Arreola, J. P., & Preciado-Rangel, P. (2022). Use of biostimulant compounds in agriculture: Chitosan as a sustainable option for plant development. *Notulae Scientia Biologicae*, 14(1), 11124-11124.

Semblanzas de autores

Consuelo López Campos. Estudiante de 4to semestre de la carrera Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

M. C. Omar Cástor Ponce García. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, M. C. en Productividad Frutícola por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Jefe del Campo Experimental Delicias en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Forestales (INIFAP).

M.C. Carlos Abel Ramírez Estrada. Maestría en ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).



Ing. Ricardo Valdez Morales. Ingeniero Agrónomo Especialista en Irrigación, estudiante de Maestría Profesional en Agronegocios en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAYF) de la Universidad Autónoma Chihuahua (UACH) y profesor investigador en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH

Dr. Alejandro Palacio Márquez. Doctor en ciencias, con terminación en horticultura por parte del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Miembro del SNII nivel I.

La Universidad Autónoma
Chapingo, sede del 49° Congreso
Mexicano de la Ciencia del Suelo.

13-17 de octubre del 2025, Texcoco, México.

