

EL MANEJO DEL NOPAL FORRAJERO EN LA PRODUCCION DEL GANADO BOVINO

Manuel Reveles-Hernández y Miguel Ángel Flores-Ortiz

Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 20.5
Carretera Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500. Calera, Zac., MÉXICO. Tel. (478) 98 5 01 98, Correo-e:
mreveles@zacatecas.inifap.gob.mx y maflores@zacatecas.inifap.gob.mx

Fidel Blanco-Macías* y Ricardo David Valdez-Cepeda

Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte, MCDRR. C. Cruz del Sur No. 100, Col. Constelación C.P. 98085 El Orito Zacatecas, Zac. Apdo. Postal 196, CP98001, Zacatecas, Zac., MÉXICO. Tel. (492)9246147. Correo-e: vacrida@gmail.com

*Estudiante de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Carretera Zuazua-Marin Km 17.5, C. P. 66700. Marin, Nuevo León, MÉXICO. Correo-e: fiblama63@gmail.com

Gonzalo Félix Reyes
Agricultor de la región de Las Auras, Calera, Zac., Calle Iturbide No. 306 Ote. C.P. 98500, Calera, Zac., MÉXICO. Tel. (478) 98 5 02 40

Introducción

El nopal ha acompañado a los pobladores de México a través de la historia y está ligado a su idiosincrasia de los mexicanos, desde antes de la fundación de la gran Tenochtitlán, que significa "nopal sobre piedra" (Velázquez, 1998), desde antes de la conquista el nopal ha estado ligado a la vida de los mexicanos, su cultivo en México data desde la época prehispánica tal como lo establece Bernardino de Sahagún en el Códice Florentino (Buenrostro y Barros, 2004; Bravo, 2002), durante el proceso de sedentarización en México las nopaleras están consideradas como un recurso natural trascendental, nos es tan familiar y forma parte del paisaje mexicano y uno de los símbolos de identidad de los mexicanos (Anaya, 2001).

Anaya-Pérez y Bautista-Zane (2008), reportan que el nopal (*Opuntia spp*) junto con el maíz (*Zea mays*, L.), el frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) y el maguey (*Agave americana*), fue alimento fundamental de grupos chichimecas del centro y del norte del país. También trasciende su utilización como bebida, medicina, tinte, en prácticas mágico-religiosas y otros usos.

En la construcción se ha usado el nopal como parte de la mezcla para la edificación y aun en la modernidad no se siguen buscando alternativas del uso de mucilago y polvo de nopal en este rubro (Hernández-Zaragoza *et al.*, 2008).

Aprovechando ventajas del nopal, tales como su alta resistencia a condiciones de aridez, su capacidad de producción de biomasa en condiciones de escasa precipitación, y la constitución de reservas forrajeras para la fauna silvestre y el ganado, se han usado especies del genero *Opuntia* para controlar la erosión ya que por la presencia permanente de sus raíces y de la parte aérea de la planta modifican el microclima del área que ocupan (Mulas y Mulas, 2004).

Se reportan 258 especies de nopal en el mundo, en México se tiene una gran variación de nopales adaptados a diversas condiciones ambientales y distribuidos en su mayoría en las regiones áridas, la literatura cita que en nuestro país se encuentran más de 100 especies del genero *Opuntia* por lo que los botánicos lo consideran el centro de origen de los nopales (Ríos y Quintana, 2004).

La ganadería extensiva es en zonas áridas en donde es común el pastoreo errático y estacional determinado principalmente por la presencia de precipitaciones escasas y con períodos de sequías prolongados. La alimentación del ganado, en estas regiones del norte de México, está condicionada a la disponibilidad de forrajes, la cual tiene variaciones que, con frecuencia, están relacionadas con las características de las condiciones del clima año con año, de tal manera que se hace necesario contar con alternativas de alimentación del ganado factibles de acuerdo con las características climáticas de las regiones áridas; surge como necesidad la incorporación de especies forrajeras que sean eficientes en el uso del agua tal manera que puedan ser cultivadas mediante un uso, manejo apropiado y preservación de los recursos agua y suelo. El uso de especies nativas ha constituido una alternativa de alimentación de las especies animales de esas regiones, Debido a su capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad (Dubrovsky, North y Nobel. 1988; Nobel, 1997 y Flores-Valdez, 2004), el nopal se ha considerado por muchos años como una alternativa en la alimentación del ganado en diversas

regiones áridas del mundo (Fuentes, 1997; Flores, 2001), lo que ha llevado a la necesidad de hacer más eficiente su uso, ya sea en condiciones naturales como cultivadas.

Investigaciones realizadas en Baja California Sur ha demostrado que en los ranchos ganaderos de esta región existen especies como el nopal forrajero que han sido utilizados como forrajes alternativos para alimentar ganado caprino, bovino, ovino, conejos, cerdos y aves de corral, obteniéndose respuestas positivas por parte de los animales (Murillo-Amador *et al.*, 2006).

En las zonas áridas del mundo el nopal ha constituido una alternativa de cultivo para la obtención de frutos para consumo humano y para la alimentación de ganado ya que además de adaptarse a condiciones de humedad deficiente, soporta bajas temperaturas (Snyman, 2007).

Se considera que los ecosistemas de pastizal producen materias que son altamente digestibles para animales rumiantes, que en condiciones de pastoreo que tienen la habilidad de digerir y metabolizar la celulosa, o fibra vegetal, y fermentarla para producir ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas que el animal puede posteriormente digerir y utilizar (Rinehart, 2008).

Aportación Nutricional del Nopal a la Dieta Animal

Las características nutritivas del nopal varían de acuerdo con la edad de las pencas, característica que se debe tomar en cuenta al momento de utilizarlos en la alimentación del ganado, Guzmán y Chávez (2007) al realizar el análisis de composición química de cladodios nopal (*Opuntia ficus-indica*) encontraron que el cladodio de un mes de edad es más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, mientras que el cladodio de un año de edad presenta contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra. Esta característica se ha encontrado en diversos clones de *Opuntia ficus-indica* L. f. *inermis* (Web.), *O. robusta* Wend. (R), *O. paraguayensis* K. Sch., *O. spinulifera* Salm-Dyck f. *nacuniana* Le Houér., f. *nov.* (S) evaluados en Mendoza Argentina por Guevara y colaboradores (2004).

El nopal se ha usado con éxito para disminuir los costos de producción de carne en ganado ovino en un 48 a 65 % con resultados exitosos cuando se incluye en proporciones que varían desde el 15 al 30 % (en base a peso seco) de la dieta como lo expresan los resultados obtenidos por Aranda-Osorio *et al.* (2008) al usar dietas en las que se incluyó nopal fresco picado.

El contenido de nutrientes para el ganado depende de la especie, la variedad (Cuadro 1), así como del manejo que se dé a la planta en condiciones cultivadas, aunque su contenido de proteínas no es muy alto, el nopal constituye una fuente de alimento para el ganado a un costo relativamente bajo. Además de ser una fuente de nutrientes, el nopal constituye una fuente de agua por los altos contenidos de esta en las pencas de la planta, ya que se puede observar como el contenido de materia seca apenas llega en el mejor de los casos a constituir poco menos del 15 %, dejando el contenido de agua de entre el 85 al 90 %.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de géneros, especies y variedades de nopal (expresado en % en base a materia seca) (Vázquez *et al.*, 2008).

Especie	MS	MO	PC	GC	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>O. rastrera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.78	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>O. lindelhimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	Palomo, 1963
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Palomo, 1963
<i>O. ficus-indica</i> var Amarillo oro	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	Bauer y Flores, 1969 Griffiths y
<i>Nopalea spp</i>	10.69	73.79	8.98	1.51	17.21	26.21	50.7	Hare, 1906

MS=materia seca; MO=materia orgánica; PC=proteína cruda; GC=grasa cruda; ELN=Extracto libre de nitrógeno.

En un análisis proximal y nutrimental que se realizó en pencas deshidratadas de nopal *Opuntia ficus-indica* var. COPENA F-1 en plantas cultivadas con densidad de población de 40,000 plantas por hectárea en una huerta de cinco años de edad en la región de Las Auras de Calera, Zacatecas, manejada en condiciones de temporal durante los últimos tres años, se encontraron los resultados que se muestran en el cuadro 2. En este mismo análisis se encontró que pencas de 8 a 10 meses de edad dieron un rendimiento de harina de nopal de 0.09 a 0.12 por unidad de peso.

Al comparar los rendimientos por hectárea del nopal con otros forrajes sobresale la eficiencia que logra en la producción de nutrientes digeribles por hectárea, como se muestra en el Cuadro 3, asimismo De Kock (2001), al comparar el nopal con alfalfa en cuanto a rendimiento por hectárea durante cinco temporadas, de nutrimentos digeribles afirma que es más eficiente el nopal.

Cuadro 2. Análisis proximal de pencas deshidratadas de *Opuntia ficus-indica* var. COPENA F-1 cultivadas en la región de Las Auras, Calera, Zac., (expresado en %).

Humedad	9.1
Grasa cruda	1.2
Proteína cruda	4.4
Fibra cruda	10.1
Cenizas	13.2
Extracto Libre de Nitrógeno	62.3

Cuadro 3. Comparación del Rendimiento total y contenido de nutrientes entre el silo de maíz y el nopal según Rossouw, 1961 (Tomado de Nefzaoui and Ben Salem, 2001).

Cultivo	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Nutrimentos digeribles (t ha ⁻¹)	Nutrimentos digeribles (%)
Opuntia	80	5.0	6.25
Maíz (silo)	25	4.2	16.80

Aprovechamiento de Nopaleras Silvestres

En México se tiene reportes del uso de nopal como forraje desde la época de la colonia, principalmente en las regiones áridas del norte del país.

Según diferentes reportes consignados por Granados y Casteñeda (2003), en México el género *Opuntia* se encuentra en diferentes composiciones florísticas como el bosque espinoso, matorral subtropical, sabana, pastizal, matorral xerofito, matorral micrófilo, matorral alto sarcocauluscente y matorral crasicale.

En el norte de México, dentro de las especies de nopal silvestre que se usan como forraje, De la Rosa y Santana (2000) mencionan al nopal rastrero (*O. Rastrera*, *O. lindheimeri*), al cuijo (*O. Cantabrigiensis*), al duraznillo (*O. leucotricha*), al coyotillo (*O.*

azurea), al nopal tapon (*O. robusta*) y al nopal cardón (*O. Estreptacantha*), mientras que López-García y colaboradores (2001), citan especies como duraznillo, cardón, tapón, cuijo (*O. cantabrigiensis*), rastrero, cacanao (*O. lindheimeri*, *subarmata* y *tricolor*), morado (*O. violacea*), *O. Phaecantha*, *O. engelmannii*, xoconoxtle (*O. imbricada*), *O. microdasys*, y *O. rigida*, sin embargo estos últimos reportan los bajos rendimientos de las especies silvestres con rangos de producción de 25 a 125 toneladas por hectárea en base a peso fresco. Flores y Aranda (1997), también incluyen otras especies como serrano (*O. stenopetala*), cardenche (*O. imbricada*), choya (*O. fulgida*), chivero (*O. macrocentra*), espina amarilla (*O. chrysacantha*), penca redonda (*O. lucens*), Durango (*O. duranguensis*) y azul (*O. tenuispina*).

Establecimiento y Perspectivas de Huertas Cultivadas

El deterioro de las nopaleras silvestres y el incremento de los costos de acarreo del nopal han propiciado el cultivo de nopal forrajero en áreas aledañas a los establos o corrales de manejo del ganado en donde se han establecido huertas de nopal forrajero.

Las continuas sequías provocan una escasez de alimento para el ganado en algunos países lo que a su vez provoca un incremento en la alimentación del ganado en donde los forrajes y sus subproductos son las principales fuentes de energía, proteínas, minerales y vitaminas para el ganado; sin embargo volumen disponible no satisface en muchos casos las necesidades nacionales y el nopal puede contribuir a suplir esas deficiencias en algunos ambientes específicos (Cuevas *et al.*, 2006).

En países como Argentina, Brasil, Estados Unidos de América y México, Gran parte del área plantada con nopales tiene destino forrajero, en Túnez el uso principal del nopal es como forraje para alimentación animal, en Sudáfrica, la superficie actual cubierta con nopales cultivados para la producción de fruta ocuparía cerca de 2,000 ha y para la producción de forraje aproximadamente 525,000 ha; en Etiopía la superficie que cubre es cercana a las 355,000 ha de las que, cerca de 30,000 ha son cultivadas un gran número de familias cuentan con al menos una pequeña plantación, su uso actual se limita al consumo del fruto fresco; los nopalitos no se

consumen, pero los cladodios sirven de sustento al ganado y las pencas viejas y leñosas se utilizan como combustible, en Eritrea a noreste de África una especie silvestre y se utiliza como cerco vivo, para el control de la erosión y para la alimentación de camellos, cabras y ovejas (Sáenz, 2006).

El establecimiento de huertas de nopal forrajero en México se registra a principios de los años 1960's del siglo veinte, desde entonces se ha venido realizando cada vez con mayor frecuencia (Anaya-Pérez, 2001), por lo que se han realizado una serie de trabajos de investigación en diversas partes del mundo tendientes a conocer su comportamiento en condiciones de riego y temporal.

En comparación con las especies silvestres de *Opuntia*, que generalmente están provistas de espinas, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. está considerada como una especie de crecimiento rápido por lo que se ha preferido su uso en huertas cultivadas en diversos países como México, Brasil y norte de África sobre todo dándole preferencia a las variedades sin espinas (Guevara *et al.*, 2009).

Variedades Cultivadas

Cuando se establecen huertas de nopal cultivado es común que se establezcan en condiciones de manejo intensivo. Al momento de seleccionar la variedad a establecer con fines forrajeros se consideran características deseables a la precocidad de crecimiento, el gran desarrollo vegetativo, la ausencia de espinas en las pencas, resistencia a plagas y enfermedades, alto valor nutritivo y la aceptación por el ganado (De la Rosa y Santana, 2000), también es conveniente que registren altos rendimientos y buena calidad alimenticia, adaptabilidad al clima y al suelo así como bajos requerimientos de manejo del cultivo (Mulas y Mulas, 2004).

Generalmente las variedades de nopal cultivado con fines forrajeros pertenecen a la especie *Opuntia ficus-indica* dentro de las que destacan las variedades Milpa alta, Atlixco, COPENA F-1, F-2, F-5, F-10, COPENA V-1, Tlaconopal, Chicomostoc, Pelón liso, COPENA F-3, COPENA CE-II, Liso forrajero, Liso Forrajero, Pabellón, ANF1y ANV1 (Muñoz *et al.*, 1997; Reveles, 2005; Flores, 2002; Anaya-Pérez y Bautista-

Zane, 2008; Martínez *et al.*, 2009; Mondragón-Jacobo and Pérez-González, 2001). Mondragón-Jacobo *et al.*, (2001), mencionan a los cultivares pabellón y COPENA F-1 como los más palatables para el ganado. Algunas de las limitaciones de las variedades cultivadas la constituye el hecho de que son susceptibles al consumo de los roedores, y no resisten heladas fuertes (Reveles-Hernández y Blanco-Macias, 2007).

Comportamiento del Nopal de Acuerdo con la Disponibilidad de Agua y Nutrientes

El cultivo del nopal como forraje se ha realizado en condiciones de temporal y en condiciones de riego, en condiciones de temporal se ha establecido con éxito con precipitaciones menores a los 200 mm anuales, pero se tienen evidencias del incremento del rendimiento al incrementar la precipitación. También se tienen evidencias del impacto de la densidad de población sobre el rendimiento en condiciones de temporal.

Se ha demostrado la respuesta del nopal forrajero al manejo agronómico, reportándose beneficios del manejo de las densidades de plantación, de la aplicación de fertilizantes o abonos orgánicos y del suministro de agua a través del riego.

En plantas de nopal de 5.4 años de edad se obtuvo una acumulación de materia seca anual de 13 toneladas por hectárea con tres riegos de 80 mm cada uno durante la temporada seca y con 300 mm de precipitación media anual en Til Til, Chile, en donde se pudo notar que con el uso del riego se puede mantener la tasa de asimilación neta del cultivo durante todo el año (Acevedo *et al.*, 1983).

Se ha demostrado el potencial de productividad de biomasa de *Opuntia amyoclea* Tenore y *Opuntia ficus-indica* en condiciones cultivadas lo que ha servido como criterio para incrementar su cultivo en regiones áridas y en otro tipo de regiones. En condiciones cultivadas con aplicación constante de fertilización y agua de riego, el rendimiento de material seca fue 50 % superior, con rendimientos de 47 t ha⁻¹ año⁻¹, que en plantas en condiciones de temporal en *Opuntia ficus-indica* en Coahuila,

México, un comportamiento similar se obtuvo con *Opuntia amyaclea* (Nobel *et al.*, 1992). En un estudio de la eficiencia de uso del agua en *Opuntia ellisiana* en condiciones de campo del estado de Texas, Estados Unidos de America, se observó que se requiere de 162 litros de agua para producir un kilogramo de materia seca, lo cual sitúa a esta especie como superior a otras plantas, en cuanto a eficiencia en el uso del agua (Han and Felker, 1997). De Kock (2001) menciona que el nopal tiene una eficiencia de uso del agua de 267 litros para producir un kilogramo de materia seca y al compararlo con el sorgo, el trigo y la alfalfa, entre otras especies, determina que *Opuntia* es más eficiente que estos que necesitan 666,750 y 1000 litros de agua para producir un kilogramo de materia seca.

La planta de nopal he demostrado que puede mantenerse viva en condiciones extremas de aridez, el almacenamiento de reservas y agua en sus tejidos le ayudan a soportar periodos se sequia prolongados y al momento de disponer de humedad en el suelo, inicia la absorción de agua y crecimiento. Resultados reportados por Monjauze and Le Houérou en 1965 (Citados por Nefzaoui and Ben Salem, 2001) demuestran la respuesta del rendimiento del nopal *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* a la disponibilidad de agua de lluvia en condiciones de temporal en Túnez (Figura 1).

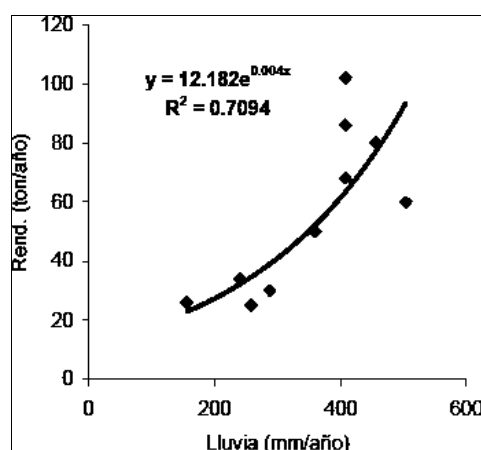


Figura 1. Rendimiento de *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* con relación a la precipitación en Túnez (Adaptado por Nefzaoui and Ben Salem, 2001 de Monjauze and Le Houérou, 1965).

Nobel (1995) reporta que los principales nutrimentos que influyen en el crecimiento del nopal son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) calcio (Ca), Magnesio (Mg), y Azufre (S), sin embargo también destaca la importancia de la presencia del boro (B) y sodio (Na) en el suelo.

Trabajos de investigación realizados en diferentes países expresan la respuesta favorable del nopal a la aplicación de fertilizantes, en *Opuntia engelmannii* se reporta que aplicaciones altas de nitrógeno, hasta 160 kilogramos por hectárea, incrementaron el número de brotes vegetativos (Mulas y Mulas, 2004).

La aplicación de fertilizante, además de incrementar el rendimiento, mejora la calidad nutritiva del forraje haciendo que el sistema de producción sea más eficiente al aumentar calidad y producción (Martínez *et al.*, 2009). Un indicador del incremento de la calidad al usar fertilizantes en la producción de nopal forrajero es el contenido de proteínas como lo demuestran los resultados obtenidos en *O. lindheimeri* en donde al aplicar 67, 124 y 135 kg de nitrógeno por hectárea se observaron incrementos en el contenido de proteínas de 3.1, 4.2 y 4.4 puntos porcentuales respectivamente (Mulas y Mulas, 2004), el contenido de proteínas también está relacionado con la especie y la edad de la penca (Ramírez *et al.*, 2007).

Santos *et al.*, (2006) encontraron una respuesta lineal del rendimiento de nopal forrajero a la aplicación de fósforo y una respuesta cuadrática a las aplicaciones de nitrógeno, estableciendo también que existe interacción entre la densidad de población y la aplicación de fertilizante nitrogenado al comparar densidades de población de 5,000 y 40,000 plantas por hectárea en Brasil.

Al evaluarse densidades de plantación y aplicación de fertilizante nitrogenado, fosfatado y abono orgánico en *Opuntia ficus-indica* Cultivar Milpa Alta en la Mixteca poblana, Flores (2002) reporta una clara respuesta a la aplicación de fertilizantes y abono orgánico, destacando mayor productividad de la planta al combinar aplicación de fertilizante orgánico con aplicaciones de nitrógeno y fosforo provenientes de fuentes comerciales de fertilizante; en este mismo trabajo se reporta relación entre la

densidad de población y rendimiento lográndose hasta 105 toneladas por hectárea por año en plantas de cuatro años de edad con densidades de 52,800 plantas por hectárea.

Consideraciones Finales

Por su capacidad de adaptación, su resistencia a largos periodos de sequía, y su rápido crecimiento el nopal constituye una alternativa para diversas regiones del mundo, especialmente para aquellas en donde la disponibilidad de agua hace difícil obtener alimentación para el ganado.

El nopal en condiciones cultivadas ofrece una alternativa de producción de forrajes debido a su alta eficiencia en el uso del agua en comparación con otros cultivos anuales.

La variedad y el manejo del cultivo influyen fuertemente sobre el rendimiento del nopal, respondiendo favorablemente a las aplicaciones de fertilizantes y al suministro de riegos, así como a las altas densidades de población.

Bibliografía

- Acevedo, E.; I. Badilla and P. S. Nobel. 1983. Water Relations, Diurnal Acidity Changes, and Productivity of a Cultivated Cactus, *Opuntia ficus-indica*. Plant Physiol. 72: 775-780.
- Anaya P., M. A., 2001. Historia del uso del nopal como forraje en México. pp. 1-17. In Flores V. C. A. Curso Taller El nopal Forrajero, una alternativa alimentaria para el ganado. Asociación Agrícola Local de Productores de Nopal de Nuevo León. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Guadalupe Nuevo León 19 de abril de 2001.
- Anaya-Pérez, M. A., 2001. History of the use of opuntia as forage in Mexico. pp. 5-12. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González S. (Editores). Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169.
- Anaya-Pérez M. A. y R. Bautista-Zane. 2008. El nopal forrajero en México: del siglo XVI al siglo XX. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. pp. 167-183.

- Aranda-Osorio, G., C. A. Flores-Valdez and F. M. Cruz-Miranda. 2008. Inclusion of Cactus Pear Cladodes in Diets for Finishing Lambs in Mexico. *J. PACD* Vol. 10:49-55.
- Bravo H. H. 2002. Pencas de antaño. *El Nopal. Artes México* Num. 59: 8-15.
- Buenrostro M, y C. Barros. 2004. Recetario del nopal de milpa alta; D. F., y Colima. Serie Cocina Indígena y Popular Num. 48. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México. 244 p.
- Cuevas R., E. Arias, C. Mondragón, I. Higuera y C. Rosell. 2006. El desarrollo de cadenas y redes de valor en base al cultivo del nopal. In: Utilización agroindustrial del nopal. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 162. p. 137-148.
- De la Rosa H. J. P. y Santana A. D. 2000. EL NOPAL, Usos manejo agronómico y costos de producción en México. CONAZA-UACH-CIESTAAM. 182 p.
- De Kock, G. C. The use of opuntia as fodder source in arid areas of southern Africa. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO Plant Production and Protection Paper 169. p. 101-105.
- Dubrovsky, J. G., North G.B. and P. S. Nobel. 1988. Root growth, developmental changes in apex, and hydraulic conductivity for *Opuntia ficus-indica* during drought. *New Phytol.* 138, 75-82.
- Flores V., C. A. 2001. El uso del nopal como forraje en el mundo. En Flores V. C. A. Memorias del curso-taller El nopal forrajero, una alternativa alimentaria para el ganado. Guadalupe, N.L. 19 de abril de 2001.
- Flores V., C. A. 2002. El nopal y la lucha contra la desertificación. Reporte de investigación 59. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo, México. 39 p.
- Flores-Valdez, C. A. 2004. Los nopales y la lucha contra la desertificación. En Esparza-Frausto, G., Valdez-Cepeda y Méndez-Gallegos, S. (Editores). *El nopal: tópicos de actualidad*. pp.167-182.
- Flores V. C. y Aranda O. G. 1997. El nopal como forraje en México. VII Congreso Nacional V Congreso Internacional: Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey N.L. 15-19 de septiembre.
- Fuentes R. J. 1997. El nopal: una alternativa forrajera en las zonas áridas del norte de México. VII Congreso Nacional y V Congreso Internacional: Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey N.L. 15-19 de septiembre.
- Granados S. D., y A. D. Castañeda P. 2003. El nopal, historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas, México. 227p.

- Guevara, J. C.; J. H. Silva C. and O. R. Estevez. 2004. Nutrient Content of *Opuntia* Forage Clones in the Mendoza Plain, Argentina. *J. PACD*. Vol. 6:62-77
- Guevara J. C. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/08-226.1-n101#n101>, P. Suassuna, and P. Felker. 2009. *Opuntia* Forage Production Systems: Status and Prospects for Rangeland Application. *Rangeland Ecology & Management* 62(5):428-434. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/08-226.1-fn1#fn1>
- Hernández-Zaragoza J. B., Coronado-Márquez A. y López-Lara T., Horta-Rangel J. 2008. Mejoramiento de Morteros a Través de Nopal. *J. PACD* Vol. 10:126-132.
- Guzmán L., D. y J. Chávez. 2007 Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev Soc Quím Perú*.73(1):41-45.
- Han H. and P. Felker. 1997. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in south Texas. *Journal of Arid Environments*. 36(1):133-148
- López-García, J.J., Fuentes-Rodríguez J.M. y R.A. Rodríguez. 2001. Production and use of opuntia as forage in northern Mexico. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO Plant Production and Protection Paper 169. pp 29-36.
- Martínez L. J.R., R. E. Vázquez A., E. Gutiérrez O. E. Olivares S., J. A. Vidales C., R. D. Valdez C., M de los A. Peña y R. López C. 2009. Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente. XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Agronomía. UANL. p. 69-74
- Medina R. M., G. Tirado E., I. Mejía H., I. Camarillo S. y C. Cruz-Vázquez. 2006 Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 41(7):1173-1177.
- Mondragón-Jacobo, C., Méndez-Gallegos, S. de J. y Olmos-Oropeza, G. 2001. Cultivation of opuntia for fodder production: from re-vegetation to hydroponics. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO Plant Production and Protection Paper 169. p. 107-122.
- Mondragón-Jacobo C. and S. Pérez-González, 2001. Germoplasm resource and breeding opuntia for fodder production. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). *Cactus (Opuntia spp.) as forage*. FAO Plant Production and Protection Paper 169. p. 21-28.

- Mulas M. and Mulas G. 2004. the strategic use of *atriplex* and *opuntia* to combat desertification. Short and Medium- Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Desertification Research Group. University of Sassari. Italy. 101 p.
- Muñoz G. V., Morales R. A. y Blanco G. H. 1997. Experiencias de la comisión para el desarrollo agropecuario del estado de Aguascalientes en el establecimiento, manejo y producción de nopal forrajero en Aguascalientes. VII Congreso Nacional y V Congreso Internacional: Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey N.L. 15-19 de septiembre.
- Murillo-Amador B., N. Y. Ávila-Serrano y A. Flores-Hernández. 2006. Producción agroecológica de forrajes en zonas áridas. Congreso Mexicano de Ecología. Morelia Mich. México. Sociedad Científica Mexicana de Ecología A. C. Resúmenes de las ponencias presentadas en los simposia. p. 37.
- Nefzaoui A. and Ben Salem, 2001. Opuntia- a strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region. In Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169. p. 73-89.
- Nobel P. S. 1995. Environmental Biology In: Barbera, G. ; Inglese, P.; Pimienta-Barrios, E. (Ed.). Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Rome. FAO, p. 36-48.
- Nobel, P. S. 1997. Recientes descubrimientos ecofisiológicos en *Opuntia ficus-indica*. VII Congreso Nacional y V Congreso Internacional: Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey N.L. 15-19 de septiembre.
- Nobel P. S., E. García-Moya and E. Quero. 1992. High annual productivity of certain agaves and cacti under cultivation. Plant, Cell and Environment. 15:329-335.
- Ramírez T., H. M.; J. A. Reyes A., J.M. Pinos R. y J. R. Aguirre R. 2007. Efecto de la especie y madurez sobre el contenido de nutrientes en cladodios de nopal. Agrociencia. 41(6):619-626.
- Reveles H. M. 2005. Establecimiento y cultivo de nopal forrajero. En Taller El Nopal Forrajero, una alternativa en la alimentación del ganado. Zacatecas, Zac. 14 de octubre de 2005.
- Reveles H. M. y F. Blanco-Macías. 2007. Establecimiento de huertas cultivadas de nopal forrajero en Zacatecas. En Arechiga-Flores, C. F., Aguilera-Soto, J.I., Urista-Torres, J, Valdez-Cepeda, R. D., Blanco-Macías, F., Reveles-Hernández, M. y Rubio-Aguirre, F. A. (Eds.). El Nopal en la Producción Animal. Edit. UAZ. Zacatecas, Zac. México. 149 p.

- Rinehart L. 2008. Nutrición para Rumiantes en Pastoreo. Publicación de ATTRA-Servicio Nacional de Información de Agricultura Sostenible. 20 p.
- Ríos R. J. y V. Quintana M. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Colegio de Postgraduados, Secretaría de la Reforma Agraria. Manual del participante. México. 81 p.
- Sáenz C. 2006. Estudios de caso sobre la utilización agroindustrial de los nopales en distintos países. In: Utilización agroindustrial del nopal. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 162. pp 121-136
- Santos, M.V.F., Dubeux Jr., J.C.B., Melo, J.N., dos Santos, D.C., Farias, I. and Lira, M.A. 2006. Fertilization and plant population density effects on the productivity of *opuntia ficus-indica* in northeast Brazil. Acta Hort. (ISHS) 728:189-192.
- Snyman H. A. 2007. Frost Sensitivity of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* in a Semiarid Climate of South Africa. J. PACD. Vol. 9:1-21.
- Vázquez A., R. E.; R. Valdez C.; D. E. Gutiérrez O. y F. Blanco M. 2008. Caracterización e identificación de nopal forrajero en el noreste de México. Revista Salud Pública y Nutrición. Num. 14: 21-36.
- Velázquez E. 1998. El nopal y su historia. Ed. Clío. México. 100 p.