

LOS PASTIZALES *Y SU ENTORNO EN* MÉXICO Y EN ZACATECAS

José Contreras Bañuelos | Daniel Rodríguez Tenorio
Francisco Guadalupe Echavarría Chairez | Alfonso Serna Pérez
José Israel Casas Flores

LOS PASTIZALES *Y SU ENTORNO EN* MÉXICO Y EN ZACATECAS

José Contreras Bañuelos | Daniel Rodríguez Tenorio
Francisco Guadalupe Echavarría Chairez | Alfonso Serna Pérez
José Israel Casas Flores

2025 por Atena Editora

Copyright© 2025 Atena Editora

Copyright del texto © 2025, el autor Copyright
de la edición© 2025, Atena Editora

Los derechos de esta edición han sido cedidos a Atena Editora por el autor.

Publicación de acceso abierto por Atena Editora

Editora jefe

Prof. Dr. Antonella Carvalho de Oliveira

Editora ejecutiva

Natalia Oliveira Scheffer

Imágenes de la portada

iStock

Edición artística

Yago Raphael Massuqueto Rocha



Todo el contenido de este libro está licenciado bajo la licencia
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Atena Editorial mantiene un firme compromiso con la transparencia y la calidad en todo el proceso de publicación. Trabajamos para garantizar que todo se realice de manera ética, evitando problemas como plagio, manipulación de información o cualquier interferencia externa que pueda comprometer la obra.

Si surge alguna sospecha de irregularidad, será analizada con atención y tratada con responsabilidad.

El contenido del libro, textos, datos e informaciones, es de total responsabilidad del autor y no representa necesariamente la opinión de Atena Editorial. La obra puede descargarse, compartirse, adaptarse o reutilizarse libremente, siempre que se mencionen el autor y la editorial, de acuerdo con la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Cada trabajo recibió la atención de especialistas antes de su publicación.

El equipo editorial de Atena evaluó las producciones nacionales, y revisores externos analizaron los materiales de autores internacionales.

Todos los textos fueron aprobados con base en criterios de imparcialidad y responsabilidad.

Los pastizales y su entorno en México y en Zacatecas

| Autores:

José Contreras Bañuelos
Francisco Guadalupe Echavarría Chairez
José Israel Casas Flores

Daniel Rodríguez Tenorio
Alfonso Serna Pérez

| Revisión:

Los autores

| Diseño:

Thamires Gayde

| Portada:

Yago Raphael Massuqueto Rocha

Datos de catalogación en publicación internacional (CIP)

L881 Los pastizales y su entorno en México y en Zacatecas / José Contreras Bañuelos, Daniel Rodríguez Tenorio, Francisco Guadalupe Echavarría Chairez, Alfonso Serna Pérez, José Israel Casas Flores, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2026.

Otros autores
Alfonso Serna Pérez
José Israel Casas Flores

Formato: PDF
Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acceso: World Wide Web
Incluye bibliografía
ISBN 978-65-258-4003-1
DOI <https://doi.org/10.22533/at.ed.031260503>

1. Pastizales – México. 2. Ecología de pastizales. 3. Medio ambiente – México. 4. Zacatecas (México) – Aspectos ambientales. I. Bañuelos, José Contreras. II. Tenorio, Daniel Rodríguez. III. Chairez, Francisco Guadalupe Echavarría. IV. Título.

CDD 581.5264

Atena Editora

+55 (42) 3323-5493

+55 (42) 99955-2866

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

CONSEJO EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dra. Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidad Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontificia Universidad Católica de Goiás
Prof. Dra. Ariadna Faria Vieira – Universidad Estatal de Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidad Federal del Sur y Sudeste de Pará
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidad Federal de Goiás
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidad Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidad Federal Fluminense
Prof. Dra. Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidad Federal de Piauí
Prof. Dra. Dayane de Melo Barros – Universidad Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidad Tecnológica Federal de Paraná
Prof. Dra. Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal de Río de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal de Pará
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidad Federal de Rondônia
Prof. Dra. Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidad Estatal de Maringá
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidad Federal de Paraná
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidad de Pernambuco
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidad Federal de Santa Catarina
Prof. Dra. Juliana Abonizio – Universidad Federal de Mato Grosso
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidad Federal Fluminense
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraná
Prof. Dra. Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educación, Ciencia y Tecnología de Pará
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología
Prof. Dra. Talita de Santos Matos – Universidad Federal Rural de Río de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidad Federal Rural del Semiárido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidad Federal de Alfenas

PRÓLOGO

PRÓLOGO

En los grandes territorios de las zonas áridas y semiáridas de nuestro México y de nuestro estado, donde el agua es un susurro en la tierra y el sol escribe su historia con luz intensa, se despliega un mundo de resiliencia y belleza austera: el pastizal. Este trabajo nace con el propósito de explorar, comprender y honrar estos ecosistemas fundamentales, a menudo subestimados pero portentosos en su capacidad para sostener la vida, regular el clima y guardar en su seno la memoria biológica y cultural de pueblos enteros.

Los pastizales son entidades ecológicas complejas y dinámicas, donde gramíneas, herbáceas, arbustos y una miríada de organismos han tejido, a lo largo de milenios, una red de interdependencia magistral. Son el manto que protege al suelo de la erosión, el laboratorio que transforma el escaso carbono atmosférico en materia orgánica, y el sustento de una diversidad faunística adaptada a condiciones de extrema exigencia. Desde los grandes herbívoros que modelan el paisaje hasta los microorganismos que fertilizan la tierra, cada elemento desempeña un papel en esta sinfonía ecológica.

Sin embargo, este equilibrio se ve hoy amenazado. El cambio climático, la desertificación, la sobreexplotación ganadera, el avance de la agricultura no sustentable y la fragmentación del territorio ejercen una presión sin precedentes sobre estos frágiles ecosistemas. La pérdida de los pastizales no es solo una pérdida biológica; es también la erosión de un patrimonio natural que ha sido cuna de civilizaciones y que, en el presente, es clave para la seguridad alimentaria y la mitigación del calentamiento global.

Que estas páginas sirvan no solo de guía y referencia, sino también de inspiración para un compromiso activo con la protección y el manejo sabio de los pastizales áridos. Porque en su salud y persistencia se juega parte fundamental del equilibrio ecológico de la Tierra y del bienestar de las futuras generaciones.

Esta obra está dirigida a todos aquellos que buscan armonizar producción y conservación, a todo aquel que descubre un mundo nuevo, y a toda persona que, al contemplar un pastizal, sienta la curiosidad de entenderlo y el deseo de protegerlo.

PRÓLOGO

PRÓLOGO

Porque conocer los pastizales es aprender una lección de humildad y fortaleza. Nos enseña que la verdadera fuerza no está siempre en la altura, sino a menudo en la profundidad y la interconexión. Que la vida puede florecer con frugalidad, adaptándose a los ritmos de la sequía y la lluvia. Que la sostenibilidad no es un concepto abstracto, sino una práctica arraigada en el equilibrio.

Que "Los pastizales y su entorno" sirva como una herramienta para contribuir a su permanencia. Porque en la salud de los pastizales está escrita, en gran medida, la salud de nuestro planeta.

PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

Los pastizales se encuentran entre los biomas más extensos y productivos del planeta, cubriendo aproximadamente el 40% de la superficie terrestre. Desde las vastas sabanas africanas y las grandes llanuras de Norteamérica hasta las estepas euroasiáticas y las pampas sudamericanas, estos ecosistemas no solo definen paisajes icónicos, sino que sustentan una biodiversidad única y proveen servicios ecosistémicos fundamentales para la humanidad. A pesar de su aparente simplicidad, los pastizales son sistemas ecológica y socioeconómicamente complejos, cuya conservación es crucial en el contexto actual de cambio global.

En términos ecológicos, los pastizales se definen como ecosistemas dominados por hierbas (gramíneas y ciperáceas), con una cobertura arbórea escasa o nula. Su existencia y distribución están determinadas principalmente por un régimen climático que incluye periodos de sequía estacional, fuegos recurrentes y herbivoría, factores que en conjunto impiden la sucesión hacia formaciones boscosas.

La relevancia de realizar una revisión bibliográfica sobre este tema radica en la crítica intersección que ocupan los pastizales. Por un lado, son pilares de la seguridad alimentaria global, ya que constituyen la base de la ganadería extensiva e intensiva. Por otro, son sumideros de carbono esenciales, reservorios de biodiversidad y reguladores del ciclo hídrico. Sin embargo, paradójicamente, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del mundo, enfrentándose a presiones sin precedentes como la conversión a tierras de cultivo, la degradación por sobrepastoreo, la fragmentación, la invasión de especies exóticas y los impactos del cambio climático. Esto marca la urgencia de sintetizar el conocimiento existente para informar estrategias de manejo y conservación efectivas.

A pesar de la abundante literatura científica generada en las últimas décadas, existe una necesidad palpable de integrar el conocimiento disperso para obtener una visión holística del estado y el futuro de los pastizales. Por lo tanto, el objetivo principal de esta revisión bibliográfica es sintetizar y analizar críticamente la evidencia científica reciente sobre la ecología, la función y la gestión de los pastizales.

En base a lo anteriormente expuesto surge la necesidad de elaborar la presente revisión que sirva como una herramienta de consulta para hacer un uso más racional de los recursos naturales en México y en Zacatecas.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	3
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA EXTENSIVO DE PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL ESTADO DE ZACATECAS	5
2.1. Importancia económica de los bovinos carne.....	6
2.2. Razas bovinas en explotación extensiva.....	7
2.3. Estado fisiológico y de reproducción del ganado	8
3. AGOSTADERO	9
3.1. Condiciones del agostadero estatal	9
3.2. Superficie de agostadero.....	10
3.2.1. Superficie de agostadero Ejidal	10
3.2.2. Superficie de agostadero Privada	11
3.3. Legislación	12
4. PASTIZAL	13
4.1. Tipos de pastizal	14
4.1.1. Tendencias de los pastizales	15
4.2. Coeficiente de agostadero	15
4.3. Unidad animal por año	17
4.4. Producción de materia seca.....	19
4.5. Prácticas de manejo de pastizal.....	19
4.6. Indicadores para la medición del estado de salud del pastizal	20
4.7. Muestreos físicos <i>In situ</i> de pastizal.....	22
4.8. Muestreos del pastizal con el uso de (SIG) y (VANT).....	22

SUMÁRIO

SUMÁRIO

5. CLIMA.....	25
5.1. Cambio Climático	26
5.2. Precipitación media anual.....	28
5.3. Temperatura media anual	29
5.4. Sequía.....	29
5.4.1. Sequia excepcional	31
5.4.2. Sequia Extrema	32
5.4.3. Sequia Severa.....	32
5.4.4. Sequia Moderada	32
5.4.5. Anormalmente Seco	32
6. ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.....	33
7. SUELO	35
7.1. Capacidad Agroecológica (Aptitud Productiva)	36
8. CONCLUSIONES.....	37
9. REFERENCIAS	38



INTRODUCCIÓN

México es considerado como uno de los 10 países más megadiversos del mundo en relación a su fauna, flora, suelo, clima, situado en la parte norte del continente americano cuenta con una superficie de 1'973 000 km² (INEGI, 2022) cuenta con una superficie de 113.8 millones de hectáreas que son dedicadas a la actividad ganadera, además es considerado el 10 lugar mundial en la producción agropecuaria (SIAP, 2021) con un inventario de ganado bovino de 35'998,885 con un valor de la producción anual de \$163,811,754 millones de pesos anuales, gran parte de la ganadería extensiva del país se lleva a cabo en zona norte, llamada la ecoregión del desierto Chihuahuense, los pastizales semiáridos de México se distribuyen en una franja de norte a sureste del país, desde Sonora hasta Guanajuato, mientras que los matorrales áridos se extienden ampliamente desde Baja California hasta Oaxaca (Rzedowski, 2006). Estos ecosistemas han sufrido reducciones del 14 % en pastizales y del 26 % en matorrales por su conversión a la agricultura en los últimos 50 años, de tal manera que actualmente comprenden alrededor de 9.77 y 40.95 millones ha, respectivamente (SEMARNAT, 2016) Desafortunadamente, el 95 % de los pastizales y el 70% de los matorrales están sobrepastoreados, además podemos agregar factores como el cambio climático que agrava la situación de sostenibilidad del ecosistema.

El estado de Zacatecas es eminentemente ganadero, de la superficie total 7.44 millones de ha. alrededor de 5.4 millones ha. son de uso pecuario, cuenta con inventario ganadero de 1'526,634 de cabezas de ganado bovino carne y 85,449 de bovino leche, (SIAP, 2021), con un registro de 37,333 Unidades de producción pecuarias de bovinos, además de 98,000 de productores pecuarios que aportan el 24.6% del PIB estatal agropecuario (SIAP, 2021).

La ganadería en Zacatecas como en la zona norte del país, tiene un carácter preponderantemente extensivo, orientada a la venta de animales en pie, producción de leche, sus derivados y carne. La rama pecuaria presenta bajos niveles de capitalización, tecnológicos y de productividad, con una alimentación basada en el pastoreo, en agostaderos que presentan escasa cubierta vegetal, con especies de valor forrajero

cuya frecuencia y dominancia tiende a decrecer como resultado del sobrepastoreo, el exceso de carga animal y la falta de rotación de potreros, propiciando la erosión del suelo (Rodríguez, 2022). De los problemas más importantes en la ganadería son el agua y el forraje, se estima que el costo de la alimentación en una explotación ganadera esté alrededor del 70%, en condiciones de pastoreo extensivo, la producción de forraje (pastizal) es esencial para que una explotación ganadera, pueda ser rentable y sustentable ecológicamente, de acuerdo con (Echavarría, *et al.*, 2009). De las 5.4 millones de ha dedicadas al pastoreo extensivo 2.3 millones se consideran con alto nivel de degradación, debido al mal manejo de los recursos naturales y a los efectos climáticos, disminuyendo la producción de manera gradual de materia seca de los agostaderos de Zacatecas, como consecuencia de la continua degradación.

El pastizal es un recurso al que se le ha dado poca importancia, debido a la complejidad y magnitud del mismo, en ellos existe flora y fauna que sustentan a la sociedad, pero además son sitios que recargan a los acuíferos, (Echavarría, 2015).

Un aspecto crítico en la ganadería extensiva es el clima, en los últimos años la producción animal se encuentra restringida por algunas variables como son: la precipitación pluvial, disminuida y errática provocada por el cambio climático y aunado a esto se somete el recurso natural a una carga animal superior a su capacidad, con ello la capacidad de sustento es afectada y las plantas del pastizal no logran recuperarse para ser utilizadas por los animales (Gutiérrez *et al.*, 2007). Por lo que se genera un sobre pastoreo que a la larga puede no ser reversible.

En base a lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo es hacer una revisión bibliográfica de los pastizales y su entorno en el altiplano Zacatecano.



1. ANTECEDENTES

México, se encuentra en el séptimo lugar a nivel mundial de producción de carne de ganado bovino en los años 2022 y 2023 con una cantidad de 2,180 y 2,220 miles de toneladas métricas de carne respectivamente, de acuerdo a un análisis realizado para determinar la competitividad de la carne bovina en canal se encontró que México se sitúa en el séptimo lugar de acuerdo al volumen de oferta primaria de carne bovina, mientras que como exportador se coloca en el quinceavo puesto, (Statista, 2023). La producción de carne de ganado bovino ocupa el quinto lugar dentro de los productos agropecuarios exportados, con una producción de 6083 Mdd, solo seguido después de cerveza, tequila, aguacate, berries, cuyo destino principal es Estados Unidos, Japón y Canadá (SIAP, 2021).

El estado de Zacatecas se localiza en la zona centro norte de la República Mexicana, entre las coordenadas 25° 07' 32"N, 21° 01' 48"S de latitud norte y 100° 44' 09"E, 104° 24' 08"O de longitud oeste; cuenta con una extensión territorial de 7' 447,970 de hectáreas que representan el 3.8 % de la superficie total nacional, del total de hectáreas antes mencionadas aproximadamente 5.4 son aprovechadas para la ganadería y usos forestales (Inventario estatal forestal y de suelos Zacatecas, (CONAFOR, 2014).

El estado es cruzado por la sierra Madre Oriental, que cubre 14.9 % de la superficie total con 1' 113,265.9 ha; de oeste a sur por la provincia Sierra Madre Occidental, que representa 39% y suma 2' 908,029.1 ha; y la mesa del Centro que abarca 45.1% de la superficie estatal y comprende 3' 361,238.8 ha. en el extremo sur de la entidad se encuentra la provincia del Eje Neovolcánico que cubre solo .08% con 62,574.4 ha; el resto de la superficie menos del 0.1% es ocupada por agua con 2,186 ha. Zacatecas se compone de un conjunto de sierras, montañas, lomeríos y llanuras con diversidad de climas, desde los muy secos semicálidos, hasta los semifríos subhúmedos, siendo los de mayor presencia los semisecos y secos templados, al ocupar más de 60% de la superficie del estado.

La entidad cuenta con una población de 1' 654,593 habitantes de los cuales el 59.5 es población urbana y el restante 40,5 % es rural (INEGI,2021), el sector agrícola estatal se encuentra formado 1' 171,200 hectáreas de las cuales el 13.6 % es de riego y el 86.4% restante es de temporal, siendo los principales cultivos (Chile verde, frijol, maíz grano, tomate rojo, maíz forrajero), (SIAP,2021) el aporte del sector

primario al PBI estatales del orden de \$13,717 mil millones de pesos, de los cuales el sector pecuario corresponde el 24.6% del PBI estatal agropecuario, en cuyo caso la producción de bovinos carne es el de mayor aporte.

La ecoregión del desierto de Chihuahua abarca alrededor de 70 millones de ha. que ocupan en México gran parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, grandes porciones de San Luis Potosí y Nuevo León, y áreas significativas de Texas y Nuevo México en los Estados Unidos (Cotera *et al.*, 2004).

Evaluaciones realizadas por la Secretaría de Agricultura reiteran el progresivo estado de deterioro de los pastizales del Estado de Chihuahua (COTECOCA, 2014), situación parecida a lo que ocurre en Zacatecas. Uno de los factores que han contribuido al deterioro del recurso forrajero en los agostaderos es la falta de legislaciones que protejan el ecosistema, ya que desde el año de 1974 en la Ley General de Ganadería del Gobierno del Estado de Zacatecas 2006 y el Diario Oficial de la Federación publicado en 1988, no ha tenido modificación de la regulación del uso del recurso pastizal, no habiendo hasta la fecha normas aplicables por parte del Gobierno Federal y Estatal, afín de llevar acabo sanciones a los ganaderos que realizan prácticas inadecuadas de manejo en sus potreros.

Los otros factores que han contribuido a la baja producción de forraje en los agostaderos son el mal manejo que se observa en un aumento de la carga animal, mismo que se manifiesta en un incremento progresivo en la degradación de los suelos, además del cambio climático, el cual esta provocando cambios en los patrones de lluvias tanto en cantidad así como en la distribución en el tiempo, lo que ha provocado que el deterioro de los agostaderos sea cada vez de mayor intensidad (Echeverría *et al.*, 2009).

El promedio de cabezas de ganado bovino en el estado es de 41 cabezas por productor, mismos que agostan en superficie privada 3'158.656 ha que corresponde a 44 % y el restante 3'736.265 ha con el 54 % de la superficie de agostadero, es ejidal (INEGI, 2022).

Según el censo del (INEGI, 2022) el 37.2% de los productores agropecuarios tiene más de 65 años, el 45% está entre el rango de entre 45 a 64 años y solo el 17.6% se encuentra de 18 a 44 años, del total de las (UPP) registradas el 83.1% son hombres y el 16.9% mujeres, lo que muestra un envejecimiento de los actores productivos y la dificultad para adoptar nuevas tecnologías, por otra parte derivado de la encuesta del censo en mención se detectó que la problemática que manifestaron los productores es la siguiente:

Altos costos de insumos y servicios 85.03%, factores climáticos 72.51%, bajos precios de venta 32.89%, Inseguridad 28.63%, perdida de fertilidad del suelo, 25.3%, factores biológicos, 23.42 % entre los más representativos (INEGI, 2022).



2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA EXTENSIVO DE PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL ESTADO DE ZACATECAS

La ganadería extensiva es aquella que se realiza en grandes extensiones de terreno, como prados, pastizales o montañas a fin de que los animales pasten y aprovechen los recursos naturales de diversos espacios, suele realizar con los animales que estén adaptados al tipo de campo al que se destina llevar, promueve la conservación del ecosistema y no implica un importante gasto de energía. Además, es una actividad económica muy importante que depende básicamente de la producción de forraje en el agostadero. Debido a las variaciones estacionales climáticas, la cantidad y calidad del forraje presenta fluctuaciones que hacen necesario realizar ajustes para no rebasar la capacidad de carga (Parra *et al.*, 2005) El sistema extensivo toma ventaja de las condiciones naturales, utilizando grandes extensiones de pastizales, el peso y calidad de la carne son menores y los animales tardan en salir al mercado, sin embargo, los costos de producción disminuyen en comparación con otros sistemas (SAGARPA, 2011).

La actividad ganadera hace referencia a la domesticación de los animales, la cual está enfocada básicamente en la generación de alimentos para consumo humano. Los diferentes alimentos de origen ganadero proveen nutrientes esenciales, contribuyendo con el 15% del total de la energía alimentaria y el 25% de las proteínas de la dieta humana (FAO, 2009).

La ganadería ejidal del norte de México se ha desarrollado gracias a la existencia de condiciones adecuadas de agua, temperatura y suelo prevalecientes en la región, sin embargo, en los últimos años se observa un deterioro de los recursos naturales que sustentan esta actividad y una tendencia a la emigración de la población. Las tierras de pastoreo constituyen un recurso natural renovable y pueden ser manejadas en forma racional, de manera que pueden ser productivas y ambientalmente estables por tiempo indefinido, por otra parte, se presenta un abuso creciente de las tierras de pastoreo en la región, y en el sector social en consecuencia, el potencial productivo de estas tierras se va reduciendo de manera gradual e irreversible (INE, 1994).

El sistema extensivo en el norte de México es caracterizado por clima desértico, árido y semiárido, con escasas lluvias y mal distribuidas; los suelos pocos fértiles y superficiales, con áreas de topografía abrupta y a veces inaccesible, la vegetación natural de gramíneas y especies de ramoneo, de corto periodo de crecimiento y baja producción forrajera, lo escaso de los ríos permanentes y lo profundo del agua subterránea (CFAN-CID. 1965). La ganadería en Zacatecas, es una de las principales actividades, esta se desarrolla bajo el sistema extensivo (Serrato *et al.*, 1999) donde la producción de forraje se ve supeditada a la precipitación, tanto a través del tiempo como del espacio.

2.1. Importancia económica de los bovinos carne

En México, la carne de res es el segundo producto ganadero de mayor consumo, superado sólo por las aves (principalmente pollo). La industria ganadera cárnica se basa principalmente en la cría de novillos para abasto, la cría de becerros para exportación y la producción de pie de cría, se define como carne en pie al animal vivo, y carne en canal al cuerpo del animal sacrificado, sin cabeza, sin piel, eviscerado (Gasqué, 2008).

La actividad ganadera en el estado reviste importancia debido a que un gran número de productores se mantienen de dicha actividad, existen 37, 333 unidades de producción pecuaria en bovinos, con un inventario de 1 '526, 634 cabezas, teniendo en promedio 40 cabezas de ganado por (UPP), además de ocupar un territorio 72.45 % de la superficie estatal, contribuyendo con empleos los cuales generalmente son familiares, censo (INEGI, 2022).

El valor de la producción de bovinos carne es 3 '767,805 miles de pesos que junto con bovinos productores de leche 1 '602,249 nos da un total de 5 '370,054 miles de pesos que corresponden al 72.6% de la producción pecuaria estatal, y representan a 42, 652 productores de un total de 98,251 que reporta el (SIAP, 2021) por otra parte reporta un inventario de 722,901 vacas en edad reproductiva y con 187,086 becerras de 0 a 12 meses de edad, además de 148,219 becerros de 0 a 12 meses de edad, lo que nos da un total de crías de 335,305 crías que al dividir las entre el número de vacas en edad reproductiva nos da un promedio de parición del 46.38 % para el año 2022, considerando que se cuenta con 33,300 sementales para las 722,901 vacas nos da un promedio de 21.70 hembras por semental, lo que nos muestra la productividad del hato en general.

Otro rubro importante para la actividad ganadera es la comercialización se registraron con clave de (PSG) 1012 prestadores de servicios, realizan alguna actividad comercial de compra- venta, engorda y/o comercialización, por otra parte el (SIAP, 2021) reporta el registro de 66 corrales de engorda con una capacidad para

51,551 cabezas de ganado bovino con un nivel de ocupación de 22,272 cabezas correspondiente a 43.22 % de capacidad instalada, los principales puntos de venta del ganado estatal de acuerdo a las guías de tránsito expedidas por las (Asociaciones Ganaderas Locales en el 2019) son para los estados de México, Nuevo León, Jalisco, Sonora, Baja California, Aguascalientes, Michoacán, entre los más importantes (CEFOPP, 2019).

El sistema bovinos-carne en Zacatecas es el más importante del área pecuaria, aportando más de 4 mil millones de pesos, seguido del sistema bovinos leche y sistemas como ovinos, porcinos, caprinos, apícola y avícola, mismos que conforman el sistema pecuario estatal.

2.2. Razas bovinas en explotación extensiva

En México se explotan más de 30 razas y cruza de ganado cárnico. Entre las más importantes se encuentran las razas puras Angus, Hereford, Charolais, Nelore, Pardo Suizo Europeo, Gyr, Angus, Simmental y Limousin. Las razas sintéticas de mayor presencia están representadas por Brahman, Indobrasil, Beefmaster y Brangus, entre otras (SAGARPA, 2011).

En el estado de Zacatecas los conquistadores españoles fueron quienes trajeron el pie de cría, hay reportes de Cristóbal de Oñate quien fue uno de los fundadores de la Ciudad de Zacatecas, cuando en el año de 1598 hizo contrato con la corona para traer 1,100 bovinos, 4,000 ovinos, 1000 cabras y 300 yeguas y caballos además de bueyes y mulas de 83 carretas, con el paso del tiempo el estado fue desarrollándose hasta 1827 cuando Juan N Moncada descendiente del conde de San Mateo poseía 200,000 ovejas en su hacienda de Sierra Hermosa, Villa de Cos su riqueza pecuaria se estima en tres millones de cabezas de ganado menor y mayor.

A partir de siglo XVIII, la ganadería toma un gran impulso, se tiene registrada la fecha del 17 de junio de 1910 como la primera exposición ganadera del estado, de ahí en adelante se empezaron a realizar ferias regionales y municipales donde se exponía el ganado bovino, ovino, caprino y caballar, hasta nuestros días.

En el año de 1965 se realizó el primer estudio sobre la condición del pastizal y el ganado en 7 estados del norte de México entre ellos Zacatecas, muestreando 605 ranchos ganaderos obteniendo que el 37.8 % de los ranchos encuestados la raza dominante era Hereford, seguido de ganado corriente (raza no definida) con un 27.0 % y luego ganado Cebú o Brahmán con un 24.8% del total, y en menor proporción razas como Aberdeen Angus, Holstein, Santa Gertrudis, Charolais y (CEFAN- CID, 1965). Existen reportes más actualizados como los del (INEGI, 2022) donde se reporta que se contaba con ganado bovino cruzado con razas europeas con un 71%, 27% de ganado rustico y 2% de razas puras.

Otro dato reporta que la calidad del ganado, del total de existencias en unidades de producción (944,978) el 35.8 % son corrientes, 24.0% son finos y el restante 37.5% son de cruce, Censo (INEGI, 2022).

De la década de los años ochenta hasta la actualidad, programas como el de mejoramiento genético, ha apoyado a productores para la adquisición de más de 30,000 sementales bovinos de las razas Charoláis, Beefmaster, Simmenthal, Angus, Brangus, Suizo, Limousin, Hereford, Santa Gertrudis, Brahman, Gyr, Tarantais, Salers, entre otros, los cuales han contribuido a mejorar la genética bovina estatal (SECAMPO, 2020).

2.3. Estado fisiológico y de reproducción del ganado

El estado fisiológico del ganado incluye: mantenimiento, crecimiento, gestación y lactación, dentro de cada uno de ellos se encuentran el estado de producción que no ayuda a determinar los requerimientos nutricionales e incrementar la eficiencia en nuestros sistemas de alimentación del ganado (Gutiérrez *et al.*, 2012).

2.3.1. Para la etapa de mantenimiento generalmente son vacas maduras o toros en empadre que no tiene requerimientos importantes de proteína y/o energía, sin embargo, el hecho de que no tengan un suministro que contengan los requerimientos nutricionales puede ir en detrimento de su productividad.

2.3.2. Crecimiento aquí encontramos las crías de ganado y los vientres de reemplazo con condiciones de mayor demanda de energía y proteína.

2.3.3. Gestación en la primera etapa de 0 a 6 meses casi se mantendrán como si fueran los de mantenimiento, sin embargo, de 6 meses al parto sus requerimientos incrementan, ya que la cría en el útero de la vaca alcanzará hasta el 70 % de su peso.

2.3.4. Lactación, comprende dos etapas fisiológicas que son: lactación temprana de 60 días posparto caracterizada por un balance energético negativo, como es la pérdida de peso corporal con el pico más alto de producción y la etapa de lactación tardía, la que se manifiesta por la disminución de la producción de leche de manera paulatina y el aumento de peso corporal.



3. AGOSTADERO

Son definidos como potreros de tierras áridas de pastos naturales, un agostadero es un terreno donde se práctica la ganadería extensiva, está constituido por zacates o pastos, hierbas, arbustos y árboles, dependiendo del tipo de agostadero. Algunas especies de buen valor forrajero son zacate navajita, zacate banderilla y popotillo plateado (SADER, 2023). Para la (SEMARNAT, 2011) tierras de agostadero son aquellas que, por su precipitación pluvial, topografía o calidad, producen en forma natural o cultivada, pastos y forrajes que sirven la alimentación del ganado, la cual parece ser la definición oficial ya que también se encuentra en el diario oficial de la federación publicado el 11/03/88.

3.1. Condiciones del agostadero estatal

De acuerdo a un estudio auspiciado por la (CFAD-CID, 1965) en donde se determinó el potencial forrajero de las diferentes regiones de pastizales para la determinación de los coeficientes de agostadero en los estados de Coahuila, Nuevo león, Durango, Chihuahua, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas, realizando una muestra en un total de 605 ranchos ganaderos se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales varían de acuerdo con el tipo de suelo, clima, precipitación pluvial, tipo de vegetación y manejo del ganado. Encontrando un sobre pastoreo en todos los estados muestreados, clasificando la condición del pastizal como (Excelente, buena, regular y pobre) en la mayoría de los sitios vegetativos estudiados se encontrará poca superficie en excelente condición, la mayoría estaba de regular a pobre.

La situación actual de los pastizales es preocupante, ya que hay gran pérdida de pastizales en el Desierto Chihuahuense como resultado de manejo inadecuado de los agostaderos, la expansión de la agricultura, la urbanización, el cambio climático y la presencia de especies invasoras, principalmente en los últimos 150 años (Carreón *et al.*, 2008 y Royo *et al.*, 2008). Evaluaciones realizadas por la Secretaría de Agricultura reiteran el progresivo estado de deterioro de los pastizales del estado de Chihuahua (COTECOCA, 2014) De total de la superficie apta para la producción pecuaria, en Zacatecas, 2.3 millones de hectáreas se encuentran con alto nivel de degradación (Echavarría *et al.*, 2009) se estima que en los últimos 50 años se ha perdido el 70% de la capacidad productiva del forraje del Desierto Chihuahuense, y que en los últimos 20 años se ha reducido en 50 % la producción ganadera del estado de Chihuahua (INIFAP, 2019). Aunque no hay informaciones del estado de Zacatecas se presume que la situación es muy similar a la de Chihuahua.

La problemática de los pastizales es compleja dado que involucra suelos, comunidades vegetales y herbívoros, incluyendo además alta variabilidad en la distribución de la lluvia, así como baja capacidad de los suelos para retener la humedad, lo que lo convierte en un área frágil, altamente vulnerable al mal manejo y en consecuencia susceptible de ser fácilmente deteriorada, aspecto propio del desierto Chihuahuense (Gutiérrez *et al.*, 2007). Por otra parte, se menciona la falta de información de la condición de los pastizales es un punto clave para proporcionar el manejo óptimo que permita la sostenibilidad de los recursos naturales y donde se maximice la productividad, conservación y rentabilidad de la actividad pecuaria.

3.2. Superficie de agostadero

El estado cuenta con una superficie de 7.4 millones de hectáreas de las cuales 5.4 millones de ha son susceptibles de ser aprovechadas para uso pecuario y de estos 3 millones ha son susceptibles de usos forestal con diferentes tipos de vegetación (CONAFOR, 2014).

3.2.1. Superficie de agostadero Ejidal

La superficie total agropecuaria es de 6´957, 307 hectáreas, de las cuales la propiedad social asciende a 3´736, 265 ha equivalentes al 53.7 % del total agropecuario de la superficie ejidal, el 24.9 % esta parcelada y el 75.1 % restante sin parcelar. De esta casi toda esta de uso común (99%). De las 3´736, 265 ha corresponden a 100, 227 ejidatarios con un promedio de 37.3 ha por productor.

Las mayores superficies por ejidatario se localizan en los municipios de Mazapil, Concepción del Oro, Melchor Ocampo, El Salvador y Genaro codina con 172.4, 115.5, 110.2, 73.8 y 52.2 ha respectivamente. Por el contrario, los municipios con menores superficies por ejidatario son Apulco, Calera, Luis Moya, Gral. Enrique estrada y Villa González Ortega con 8.5, 11.2, 11.7, 11.8, y 13 ha por ejidatario, como lo muestra el Cuadro 1.1 (INEGI, 2022).

Cuadro 1.1 Superficie de Agostadero Ejidal y Privada en Zacatecas

Superficie	Ha	Porcentaje
Total Agropecuaria	6´867.307	100.0
Ejidos y comunidades agrarias	3´736.265	53.7
Parcelada	931.132	
Sin parcelar	2806.133	
Privada en unidades de producción	3´158.656	45.4
De colonia de producción	40.472	0.6
Publica en unidades de producción	21.914	0.3

FUENTE: INEGI VII Centro Agropecuario, 2022

De la superficie total de las unidades de producción rurales del estado, (4´042,059 ha) el 33.4% (1´351,224 ha) es agrícola, el restante 64.8% (2´620,050 ha) tiene pastos naturales, agostadero o esta enmontada, el 1.5 % (58,432 ha) con bosque o selva y finalmente el 0.3% (12,353 ha) es superficie sin vegetación. Figura 1.1

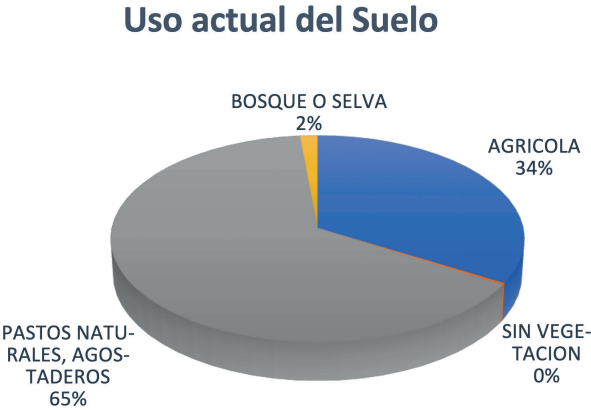


Figura 1.1 Uso actual del suelo en agostaderos del Estado de Zacatecas

Por lo que se refiere a la calidad del ganado, del total de existencias en unidades de producción (944,978) el 35.8 % son corrientes, 24.0% son finos y el restante 37.5% son de cruce.

El número de las unidades de producción con actividades de cría y explotación ganadera es de 97,518. De estas unidades, 65.5% (63,918) destinaron su producción al autoconsumo y 34.5% restante (33,600) comercializan toda o una parte de su producción. Del total de las unidades que destinaron su producción a la venta, el 53.4% son unidades de producción ejidales el 36.9% de unidades de producción privadas; el 7.7% mixtas y el 1.1% restante corresponde a urbanas (INEGI, 2022).

3.2.2. Superficie de agostadero Privada

La superficie de propiedad privada, colonia o publica es de 3´221, 042 ha, si solo consideramos la superficie de propiedad privada 3´158, 656 ha, corresponde al 45.4% de la superficie agropecuaria, mientras que las 40,472 ha de superficie de colonia censadas, solo representan al 0.6% de la superficie publica que asciende a 21, 914 ha (0.3%) (INEGI,2022).

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señala en su artículo 27 que se considerará como pequeña propiedad ganadera, la que no exceda por individuo la superficie necesaria para mantener hasta 500 cabezas de ganado mayor o su equivalente en ganado menor.

3.3. Legislación

Desde el año 1978 la ley de organizaciones ganaderas no ha sido modificada en relación al uso de los pastizales, al pie dice que la regulación de los pastizales estará a cargo de las autoridades de la secretaria, de acuerdo a los coeficientes de agostadero de cada región determinados por COTECOCA, mismos que deberán ser observados por los ganaderos a fin de conservar el recurso pastizal, por otra parte menciona que fundamentado en el artículo 138 de la Ley Federal de Reforma Agraria todo núcleo agrario, con superficie de agostadero, deberá tener su reglamento de uso del pasto, como parte integral del Reglamento Interior del mismo, teniendo como referencia los coeficientes de agostadero determinados por (COTECOCA, 2014).

De acuerdo con ley de Fomento a la Ganadería del estado de Zacatecas, 2006, los criterios para el manejo del agostadero: El artículo 162 menciona que los ganaderos que tengan explotación de los recursos pastizales naturales, deberán cumplir con los coeficientes de agostadero de conformidad con lo establecido con la Ley de la Reforma Agraria, así como las disposiciones que para tal efecto emita la SAGARPA y de la SECAMPO.

Los demás artículos que regulan el uso del pastizal son 163, 164, 165, 166 y 167. Este último menciona que, si una vez señalado el dictamen se observa que en el predio los recursos naturales continúan la degradación, las autoridades correspondientes notificarán al propietario, el plazo que deberá desalojarse el ganado excedente en relación al coeficiente técnico de agostadero para la zona. En caso de hacer caso omiso, se realizará una corrida o recuento parcial para recomendar la venta de ganado excedente, sin perjuicio de aplicar la multa correspondiente (SECAMPO, 2020).



4. PASTIZAL

Los pastizales de México son denominados zacatales y corresponden a formaciones vegetales donde el dominio de las gramíneas es casi absoluto. El nombre zacatal viene de zacatl del idioma náhuatl y significa hierba o pasto (Lifeder, 2019). El pastizal se define ecológicamente como el bioma en el cual el 90% de la cobertura vegetal está dada por especies herbáceas, gramíneas, y manera dominante especies arbustivas y arbóreas (Miranda 2021).

Los ecosistemas de pastizales generan la mayor parte del forraje que necesita el ganado y brindan servicios ecosistémicos relacionados con calidad del suelo, balance hídrico, equilibrio atmosférico, entre otros. Además, son ricos en biodiversidad, que se reconoce como la base del funcionamiento de los ecosistemas (Stumpf *et al.*, 2020)

Los pastizales son vitales para la subsistencia de millones de personas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), más de 800 millones de personas dependen de los pastizales para su sustento. Estos ecosistemas proporcionan una amplia gama de servicios y productos, como alimentos, forraje y energía. Además de su importancia para la alimentación humana, los pastizales juegan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad. Son el hogar de numerosas especies de animales y plantas, muchas de las cuales son endémicas y no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. La conservación de los pastizales es esencial para proteger la vida silvestre y mantener el equilibrio ecológico.

Por último, los pastizales desempeñan un papel importante en la regulación del ciclo del agua y el almacenamiento de carbono. Estos ecosistemas actúan como esponjas naturales, absorbiendo el agua de lluvia y ayudando a prevenir inundaciones. También almacenan grandes cantidades de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático (Guardado, 2023).

En México los pastizales se extienden desde el norte hasta el centro del país y en las cumbres por encima de los 4, 000 msnm, constituyen una prolongación en forma de cuña hacia México de las praderas del medio oeste norteamericano, los pastizales de México o zacatales, son formaciones vegetales dominadas por pastos bajos a medios, de 20 a 70 cm de altura. El pastizal estricto carece de árboles o arbustos, o estos son escasos y muy dispersos (Lifeder., 2019).

La zona de pastizal natural más extensa se desarrolla en el altiplano a lo largo de la base de la Sierra Madre Occidental, la mayor superficie de esta formación vegetal se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí.

Los pastizales en México son de gran importancia debido a diversos aspectos. En primer lugar, estos ecosistemas proporcionan un hábitat para la vida silvestre, contribuyendo a la biodiversidad y equilibrio del ecosistema. Además, los pastizales sustentan la economía de las comunidades rurales. También generan empleo y contribuyen al desarrollo económico de las regiones rurales, otro aspecto significativo es que los pastizales filtran el agua y mantienen el carbono confinado en el suelo. Esto es fundamental para la protección del medio ambiente y la mitigación del cambio climático. Los pastizales actúan como un amortiguador natural, evitando la erosión del suelo y filtrando contaminantes del agua. Además, al almacenar carbono en el suelo, ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Guardado, 2023).

4.1. Tipos de pastizal

Entre los pastizales de México se distinguen dos tipos básicos naturales por el relieve donde se desarrollan. El pastizal de planicie se desarrolla en los extensos llanos, como por ejemplo en la reserva de la Biosfera de Janos en el estado de Chihuahua, este se caracteriza por incluir especies de gramíneas de porte bajo y medio.

El pastizal alpino se forma en las altas cumbres de México, por encima del límite de crecimiento de árboles (4,000 msnm). Así, en la cima del Iztaccíhuatl, del Nevado de Toluca, Cerro Potosí o del Volcán Tacaná los pastos tienden a ser más altos y con menor cobertura.

Casi todas las montañas que presentan este tipo de zacatal o pastizal alpino se encuentran en la mitad meridional del país. El pastizal alpino alcanza su cota máxima entre los 4, 300 y 4, 500 msnm (Lifeder, 2019).

Las comunidades vegetales donde predominan los pastos con pocos árboles y arbustos, se encuentran en regiones semiáridas y de clima templado frío, están muy extendidos en el norte del país y cubren amplias zonas en Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco. Estos pastizales ocupan el 6.1% del territorio nacional.

Pastizales inducidos: Se pueden encontrar en casi cualquier zona del país y cubren otro 6% del territorio mexicano. Estos pastizales son producto del desmonte de terrenos boscosos (Guardado, 2023).

4.1.1. Tendencias de los pastizales

El deterioro de los pastizales es evidente así lo demuestran los pocos estudios que hay disponibles, uno de los estudios más antiguos manifiesta que al muestrear más de 600 ranchos ganaderos en 7 estados del norte de México para analizar la situación del pastizal, incluyendo Zacatecas encontró que el 85% de los predios muestreados estaba sobrepastoreo, el 87.5% con erosión y en el 49.9% invasión de arbustivas, aunque comenta que la mayoría de los predios están en condiciones regulares en la escala de excelente, bueno, regular, malo y malísimo (CFAD-CID, 1965).

El continuo deterioro debido al mal manejo de los recursos naturales y los efectos climáticos, han repercutido sobre la condición del pastizal mediano abierto, de las 5.5 millones de hectáreas dedicadas al pastoreo extensivo, de ellas, 2.3 millones se encuentran con un alto nivel de degradación (Echevarría *et al.*, 2009). La problemática de los pastizales es compleja dado que involucra suelos con comunidades vegetales y herbívoros, incluyendo además alta variabilidad de la distribución de la lluvia, así como baja capacidad de los suelos para retener la humedad, aspectos propios del ecosistema Chihuahuense, lo que lo convierte en un área frágil, altamente vulnerable al mal manejo y en consecuencia susceptible de ser deteriorada, centrando el problema en el ámbito de decisiones del productor (Gutiérrez *et al.*, 2007).

En las regiones semiáridas del país, más del 73% de la superficie dedicada al pastoreo presenta diversos grados de erosión y la condición de los pastizales es regular, solo el 20% se encuentra en una condición de regular a buena y el 5% presenta una condición excelente por otra parte, hace una valoración de una sobrecarga animal de 46.2% (SEMARNAT, 2011).

Para los pastizales semiáridos de Zacatecas, las asociaciones más comunes son *Aristida/Bothriochloa/Bouteloua* y otros pastos exóticos como buffel, llorón (*Eragrostis curvula*), africano y rosado, mientras que en los pastizales áridos-halófitos el más común es el zacatón alcalino (Herrera y Cortés, 2009). Además, los pastizales de Zacatecas mostraron que la mayoría se encuentran en estado de salud moderado, ya que, aunque las propiedades de los suelos son aceptables, la vegetación presenta un alto grado de deterioro (Echavarría *et al.*, 2015).

4.2. Coeficiente de agostadero

Estudios recientes realizados para determinar la carga animal del pastizal en el estado de Zacatecas, monitoreando 17 puntos y en cada punto 6 repeticiones, encontrando una carga animal que va desde 64.36 hasta 5.81 ha/UA/Año, dando un promedio de los 17 sitios muestreados de 25.3 ha/ U.A./ Año. Encontrando sitios donde la condición es crítica, lo cual limita la carga animal, por otra parte, también menciona que, debido a la gran variación del pastizal mediano abierto, así como

la distribución de su precipitación, existen sitios donde con 1.5 ha son suficientes para sustentar un animal de abril a junio, cuando otras localidades requieren de 16 ha para sustentar la misma unidad animal (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Es la superficie necesaria para sostener a una Unidad Animal (UA) al año, en forma permanente y sin deteriorar los recursos naturales. Se expresa en hectáreas por Unidad Animal al año (ha/UA al año). Los coeficientes de agostadero señalados en el cuadro están referidos en la condición “Buena” y fueron determinados con base en vegetación nativa y en años con precipitación normal. Por lo anterior, es importante señalar que la aplicación de esos coeficientes de agostadero con fines técnicos y de otra índole es responsabilidad de quien los aplica. Condición “Buena”: Es la condición del pastizal sugerida y aplicada por la COTECOCA para determinar el límite de la pequeña propiedad ganadera en México. Los resúmenes de coeficientes de agostadero de cada entidad federativa se publicaron en el Diario Oficial de la Federación, durante el periodo del 15/11/1978 al 30/09/82 y son válidos para todos los efectos de Ley, Artículo 3° del Reglamento para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero.

El coeficiente de agostadero máximo corresponde al del sitio de productividad del tipo de vegetación menor producción forrajera.

El coeficiente de agostadero mínimo corresponde al del sitio de productividad del tipo de vegetación con mayor producción forrajera.

El coeficiente de agostadero ponderado es el coeficiente representativo para la entidad. Se calcula dividiendo la superficie total de los diferentes sitios de productividad forrajera que en ella existen, entre el total de su capacidad de carga animal referida en Unidades Animal (SAGARPA, 2011).

Cuadro 1.2 Coeficientes de Agostadero por entidad (Hectáreas por Unidad Animal)

Entidad Federativa	Mínimo	Máximo	Ponderado
Aguascalientes	7.05	27.86	11.56
Baja California	25	80	49.3
Baja California Sur	28	80	57.9
Campeche	1.49	16.4	3.6
Coahuila	7	77.1	26.02
Colima	1.5	12.45	3.77
Chiapas	0.8	18.9	1.8
Chihuahua	8	60	20.07
Cd. México	5.05	19.68	11.35
Durango	4.5	41.44	15.7
Guanajuato	6.667	28.14	10.2
Guerrero	1.5	14.5	6.15

Hidalgo	0.8	38.55	6.41
Jalisco	1.92	25.64	8.5
México	5.05	23.42	9.33
Michoacán	1.5	24.46	7
Morelos	6.7	19.68	10.85
Nayarit	2.07	26.6	6.35
Nuevo León	4.3	49.2	22.57
Oaxaca	0.8	33.4	4.12
Puebla	0.9	33.4	7.88
Querétaro	3.25	38.72	13.49
Quintana Roo	1.44	16.4	3.72
San Luis Potosí	2	61.56	9.8
Sinaloa	1.87	29.1	9.07
Sonora	10	58	25.45
Tabasco	0.8	16.4	1.94
Tamaulipas	2.13	30.45	11.35
Tlaxcala	4.96	24.43	10.1
Veracruz	0.8	26.34	1.81
Yucatán	1.98	16.4	4.37
Zacatecas	4.92	58.94	14.49
Nacional	4.84	35.22	12.69

Fuente: SAGARPA, 2011.

Desde un punto de vista de manejo de pastizales cada sitio de productividad forrajera de acuerdo con su estado actual de salud y producción forrajera, con respecto a su potencial, se clasifica en las siguientes condiciones: "Pobre", "Regular", "Buena" y "Excelente". Debido a lo anterior cada una de las clases de condición presenta un coeficiente de agostadero distinto, la menor proporción de vegetación existente en el estado corresponde a la condición "Excelente" y el mayor a la condición "Pobre".

4.3. Unidad animal por año

El Coeficiente de Agostadero expresa el número de hectáreas (ha) necesarias para mantener una Unidad Animal (UA) en un año. Una UA es una vaca adulta de 450 kg con su cría, la cual consume total de materia seca por día de 13.5kg, equivalente aproximadamente el 3% de su peso vivo. Unidad animal es un término utilizado que se refiere al peso de los animales, la cual se uniformiza en un peso específico. Una unidad animal equivale a 450 kg de peso vivo y se expresa $1UA = 450 \text{ kg}$. Un animal de 600 kg equivale a 1,33 UA, mientras que un animal de 300 kg a 0,67 UA.

Que el artículo 120 de la Ley Agraria establece como facultad de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, la de determinar y publicar las equivalencias de ganado mayor y menor en virtud de lo cual, he tenido a bien expedir la siguiente.

Cuadro 1.3 Tabla de Equivalencias DOF: 31/12/1969

GANADO	UNIDAD ANIMAL
Bovino	
Una vaca de 400 a 450 Kg. de peso	1.00
Una vaca adulta con su cría (menor de 7 meses)	1.00
Un toro adulto	1.25
Una cría de bovino destetada (8 a 12 meses)	0.60
Un bovino añojo (de más de 12 meses y menos de 17)	0.70
Un bovino añojo (de 17 a 22 meses)	0.75
Un bovino de 2 años	0.90
Ovino y Caprino	
Una oveja con su cría	0.20
Un cordero o cabrito del destete hasta los 12 meses	0.12
Un cordero o tripón destetado de más de 12 meses	0.14
Una cabra con cabrito	0.17
Sementales ovinos y caprinos	0.26
Equinos	
Un caballo (mayor de 3 años)	1.25
Un caballo (de 2 a 3 años)	1.00
Un caballo (menor de 2 años)	0.75
Una yegua con cría	1.25
Burro o mula	1.00
Fauna	
Un venado cola blanca	0.14
Un venado bura	0.25

Para situaciones de peso muy diferentes se recomienda ajustar en 0.1 U.A. por cada 50 Kg. de peso.

4.4. Producción de materia seca

La materia seca no es un nutriente, contiene nutrientes; sin embargo, es necesario satisfacer la necesidad fisiológica del animal para mantener su salud; la cantidad de materia seca consumida por animal se expresa en kilogramos por día y debe contener la cantidad de energía, proteína, minerales y vitaminas para el mantenimiento y producción (Gutiérrez *et al.*, 2012).

El consumo de materia seca está influenciado por muchos factores, entre los que destacan el peso del animal, el estado fisiológico, la ganancia de peso, la cantidad producida de leche, la calidad del forraje y de la dieta y las condiciones ambientales (Baile *et al.*, 1974).

La producción de materia seca de los agostaderos de Zacatecas, ha ido disminuyendo de manera gradual, como consecuencia de la continua degradación, existe una correspondencia entre la degradación del suelo con la consecuente disminución de materia seca, la pérdida del horizonte superficial A, puede representar una disminución de 200 Kg/ha/ de materia seca, pero en ocasiones cuando se ha perdido también el horizonte B o C, las pérdidas llegan a ser superiores a 1 t/ha/año (Serna *et al.*, 2007).

Otros estudios realizados para determinar la carga animal del pastizal en el estado de Zacatecas, (CFAD-CID, 1965) monitoreando 17 puntos y en cada punto 6 repeticiones, encontrado una producción de materia seca que van desde el más bajo 8.39 g/m² hasta un máximo de 92.94 g/m², con cobertura vegetal del 29% mientras que la protección orgánica (animal y vegetal, sin embargo, la falta de protección al suelo, representa el 38% de la superficie, esto refleja que en el altiplano en el estado el suelo desprovisto de la vegetación en el pastizal mediano abierto es de 38.67%.

4.5. Prácticas de manejo de pastizal

El impacto del pastoreo sobre los pastizales depende en gran manera de las prácticas de manejo utilizadas. Las prácticas inapropiadas que reducen la productividad de las plantas y de los animales en el largo plazo, han llevado a la pérdida de la cubierta vegetal, mortalidad de especies de plantas, alteración de la composición de especies e incremento en la erosión del suelo (Jones, 2000). Además, estas prácticas inadecuadas y el incremento de la frontera agrícola con una producción intensiva, han propiciado la fragmentación y pérdida del hábitat, promoviendo condiciones favorables para la invasión de arbustivas y a través del incremento de la infraestructura como cercos y carreteras (Dinerstein *et al.*, 2000). Los efectos de esas actividades de manejo han sido acompañados de extensos periodos de sequía y en el desierto Chihuahuense, especialmente observados durante las funciones hidrológicas alteradas en los últimos 15 años.

Del total de la superficie del desierto Chihuahuense, solo el 2.5% está bajo protección formal por el gobierno federal a través de Áreas Naturales Protegidas, los hábitats de pastizales en la ecorregión han sido identificados y priorizados para su conservación por el World Wildlife Fund (Dinerstein *et al.*, 2000). La Comisión para la Cooperación Ambiental y The Nature Conservancy, han identificado las áreas de los pastizales prioritarios para su conservación a nivel trinacional (Canadá, EUA y México) (CEC y TNC, 2005). Además, organizaciones no gubernamentales mexicanas como Pronatura Noreste y Profauna, también han identificado y están trabajando en áreas de pastizales que consideran prioritarias para su conservación, principalmente con esquemas de colaboración con los tenedores de la tierra.

Las prácticas inapropiadas que reducen la productividad de las plantas y animales en el largo plazo, han llevado a la pérdida de la cobertura vegetal, mortalidad de especies de plantas, alteración de la composición de especies e incremento de la erosión del suelo (Jones, 2000).

4.6. Indicadores para la medición del estado de salud del pastizal

Recientemente un panel de expertos de la "Society for Range Management" y el "National Research Council" propusieron que la salud de los pastizales se puede determinar por medio de la evaluación del potencial ecológico de un sitio para conservar los recursos a través de una serie de indicadores ecológicos y por estabilidad del sitio, (Pyke *et al.*, 2002) el método cualitativo para evaluar la salud de los pastizales en un punto específico del tiempo, con el uso de 17 indicadores enmarcados en tres atributos: estabilidad del suelo y sitio, funcionalidad hidrológica e integralidad biótica. Es necesario que dichas metodologías sean comparadas y validadas por métodos de evaluación cuantitativos, para realizar ajustes metodológicos, como para dar certeza y confiabilidad (Pellant *et al.*, 2005).

Indicadores que califican a los atributos del ecosistema: estabilidad de suelo/sitio (SS), funcionalidad hidrológica (HF), e integridad biótica (BI) (Echavarría *et al.*, 2015) realizaron un estudio de validación metodológica para la evaluación de un pastizal mediano abierto de Zacatecas, utilizando la metodología salud de pastizal por medio del registro de 17 indicadores del suelo, agua y vegetación. Aplicándolos en 34 sitios de pastizal mediano abierto con cuatro repeticiones por sitio, generándose tres mapas los que se compararon con mapas de referencia generados por estudios de tipo cuantitativo para valorar su coincidencia. El primer mapa se asoció con estudios de salud del pastizal, utilizando como mapa de referencia con valores del "Índice de vegetación de referencia normalizada" (NVDI): el segundo identifica las zonas más afectadas por el escurrimiento, y el tercero identifica zonas afectadas por la erosión hídrica, los mapas generaron modelos matemáticos. La coincidencia entre mapas

generados por componentes principales y mapas de referencia fueron cercanos a los valores de varianza estimados por los componentes principales, permitiendo validar la correspondencia entre ambos métodos.

Actualmente, en el nuevo concepto de salud del pastizal, se consideran tres atributos de los ecosistemas: la estabilidad del suelo y el sitio, su funcionamiento hidrológico y su integridad biótica. El primero se define como la capacidad del sitio de pastizal para limitar la redistribución y pérdida del recurso suelo, el segundo se refiere a la capacidad del sitio para captar, almacenar y liberar en forma segura el agua de la precipitación y, el último hace referencia a la capacidad de la vegetación para resistir y recuperarse de un disturbio, lo cual refleja la capacidad del sitio para soportar una comunidad, estructural y funcionalmente característica (Herrick *et al.*, 2005).

Cuadro 1.4 Indicadores que califican los atributos del ecosistema: Estabilidad del suelo/sitio (SS), Función hidrológica (HF) Integridad biótica (BI)

INDICADORES	ATRIBUTOS FÍSICOS ASOCIADOS AL PASTIZAL	CARACTERÍSTICAS DE SALUD		
		SS	HF	BI
1	Canalillos	X	X	
2	Patrones de flujo de agua	X	X	
3	Terrazas	X	X	
4	Suelo desnudo	X	X	
5	Humus	X	X	
6	Erosión eólica y áreas de depósito	X		
7	Movimiento de mantillo		X	
8	Superficie del suelo y resistencia a la erosión	X	X	X
9	Degradación de la superficie del suelo	X	X	X
10	Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa, infiltración y escurrimiento			
11	Compactación de mantillo	X	X	
12	Funcionales/grupos estructurales		X	X
13	Mortalidad de plantas/decadencia			X
14	Cantidad de mantillo		X	X
15	Producción anula			X
16	Plantas invasoras			X
17	Capacidad reproductiva de plantas perennes			X

(Pellant *et al.*, 2005)

4.7. Muestreos físicos *In situ* de pastizal

La toma de muestras en un determinado sitio ecológico es de vital importancia para obtener resultados confiables, para lo cual se debe realizar un proceso de selección completamente al azar del lugar de recolección a fin de no sesgar los resultados del experimento (Gutiérrez *et al.*, 2007).

A pesar de que existen métodos sencillos para estimar el volumen de forraje por unidad de superficie de manera rápida y sencilla, muchos productores realizan el manejo del pastoreo en base a observaciones hechas por experiencia, lo cual es muy subjetivo y no preciso, uno de los métodos de muestreo más fáciles para estimar la cantidad de forraje disponible en el estrato herbáceo (hierbas y zacates) en el potrero es utilizar una estructura de un metro cuadrado de superficie como una unidad de toma de muestras, la cual puede ser de varilla y forma cuadrada (1 m²) o bien de poliducto en forma circular (3.54 m de perímetro) la toma de muestras debe hacerse en recorridos que abarquen y consideren todas las áreas con diferente densidad y distribución de las especies forrajeras (Parra *et al.*, 2005).

4.8. Muestreos del pastizal con el uso de (SIG) y (VANT)

En la actualidad, las nuevas tecnologías empleadas para el análisis digital de imágenes, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y obtención de imágenes aéreas a partir de sensores y de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) se han modernizado. El uso de esta tecnología coadyuva en los análisis de vegetación, geomorfología y variables topográficas de manera más sencilla, lo que ayuda al estudio y modelado de zonas productivas con base en sus características locales. El monitoreo a largo plazo y las mediciones cuantitativas precisas de las características de los pastizales, pueden ser costosos además de llevar mucho tiempo y ser difíciles de realizar, por lo tanto, resulta valioso estudiar la condición de los recursos del pastizal mediante el uso de SIG e imágenes aéreas de alta resolución procedente de VANT. Con lo anterior, es posible utilizar estas herramientas para proponer alternativas de manejo que permitan la mejora de su condición productiva a partir del buen manejo pecuario (Casas, 2021).

(Medina *et al.*, 2009) al realizar una estimación de la producción de pastizal mediante imágenes de (NDVI) encontró que el modelo de regresión múltiple presentado, con base en la producción de materia seca y el NDVI, puede ser un buen estimador de la producción de forraje del estrato herbáceo. Las imágenes de NDVI con mayor relación con la producción de materia seca de los pastizales fueron la segunda decena de agosto, la primera de septiembre y la segunda de octubre. La cantidad de forraje al final de la estación de crecimiento en los pastizales, estimada con las imágenes del NDVI, puede servir de base para estimar la carga animal y mejorar los programas de manejo. Se sugiere mejorar el modelo.

Resulta de gran utilidad en el mapeo de terrenos agrícolas y el monitoreo del estado de la vegetación, estrés hídrico, rendimiento óptimo de cultivos, detección temprana de enfermedades, plagas, entre otros usos. Mediante la tecnología multiespectral se pueden desarrollar índices que proporcionan una estimación acerca de las condiciones específicas de distintas cubiertas en el área de estudio (Sinde *et al.*, 2020). Por medio de los avances tecnológicos, los VANT pueden transportar cámaras multiespectrales, con las que se pueden registrar además de los canales del espectro visible (380 nm - 780 nm), otros canales de gran utilidad en el estudio de las cubiertas vegetales, como es el infrarrojo cercano (NIR). Esta banda NIR (780 nm – 900 nm aprox.) resulta de gran utilidad en el mapeo de terrenos agrícolas y el monitoreo del estado de la vegetación, estrés hídrico, rendimiento óptimo de cultivos, detección temprana de enfermedades, plagas, entre otros usos, mediante la tecnología multiespectral se pueden desarrollar índices que proporcionan una estimación acerca de las condiciones específicas de distintas cubiertas en el área de estudio.

Por lo mismo, estas técnicas son muy importantes en aquellas disciplinas relacionadas con la generación de inventarios, manejo de los recursos naturales y sistemas de producción agropecuarios, como es el caso de la estimación de biomasa y cobertura vegetal en áreas de pastizal (Bolaños González *et al.*, 2007); sin embargo, previo al uso de la información adquirida por los sensores remotos, es necesario aplicar metodologías que estandaricen la información, ya que ésta contiene efectos de diversa índole (georreferenciación, geometría sol-sensor, atmosférica, etc.), los cuales pueden provocar distorsiones importantes en la reflectancia medida y datos obtenidos (Bolaños González *et al.*, 2007).

(Posada *et al.*, 2019) Llevaron a cabo un estudio para estimar la calidad y cantidad de pasto kikuyo en Colombia, usando imágenes multiespectrales, la evaluación de las praderas destinadas a ganadería es esencial para la productividad de los animales. Los datos de sensores multiespectrales remotos aerotransportados (SM) permiten construir índices de vegetación (VI, por sus siglas en idioma inglés) y relacionarlos con características fisiológicas y biofísicas de las pasturas. El objetivo fue evaluar VI para la estimación de la cantidad y calidad. Los datos, se analizaron usando componentes principales (CP) y modelos aditivos generalizados suavizados. Las variables que más contribuyeron a la formación de la primera componente principal (CP1) fueron el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), el índice de vegetación simple (RVI), el índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI), el índice clorofílico verde (Clg) y la BV del pasto kikuyo. Para la segunda componente principal (CP2) fueron el índice de vegetación de diferencia normalizada borde del rojo (RNDVI), el índice borde del rojo de clorofi la (Clrg) y PB, FDN y FDA del pasto kikuyo. La BV fue explicada por el NDVI y PB por el RNDVI.

La producción primaria estimada a partir de las imágenes de la “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA) NDVI puede proveer información que anteriormente no ha estado disponible para los manejadores y tomadores de decisiones de los agostaderos (Hobbs, 1995) Sin embargo, dado que este tipo de estimaciones son de carácter regional con base en modelos empíricos, se hace necesario generar los modelos para el estado de Zacatecas o regiones ecológicas dentro del estado (Medina *et al.*, 2006).

La tecnología de los sensores remotos ha sido utilizada para el desarrollo de índices de la vegetación (IV) espectrales que están relacionados con la biomasa aérea (Bm) e índice de área foliar (IAF) (AGROASEMEX, 2006; Paz *et al.*, 2006).

Aunque el diseño de los seguros paramétricos fue elaborado para obtener una relación del tipo $Bm = aIV$, donde a es una constante empírica (AGROASEMEX, 2006), su uso cuantitativo (producción forrajera) está limitado por falta de conocimiento de las constantes a en términos espaciales.

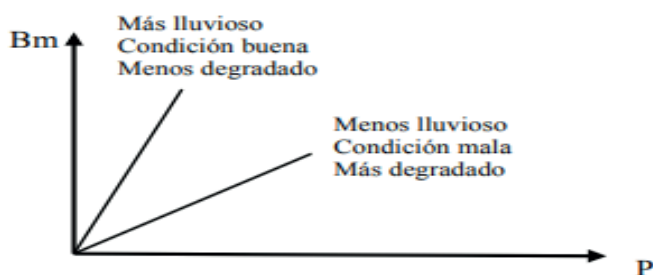


Figura 1.2 Efecto del nivel de precipitación del agostadero/ degradación en la eficiencia en el uso de la precipitación (EUP)

Los niveles de precipitación (Figura 1.2), donde se incrementa en años buenos (alta precipitación) y disminuye en los malos (Sala *et al.*, 1988; Huxman *et al.*, 2004; Bai *et al.*, 2008). Los cambios en la pendiente b han sido interpretados como producto de la condición del agostadero



5. CLIMA

Zacatecas se compone de un conjunto de sierras, montañas, lomeríos y llanuras con diversidad de climas desde los muy secos semicálidos, hasta los semi fríos subhúmedos, siendo los de mayor presencia los semisecos y secos templados. Los grupos que representan son A (cálidos), B (secos) y C (templados) con una serie de variantes de 24 diferentes subtipos (CONAFOR, 2014).

El grupo climático A representa el 0.2% de la superficie estatal 15,079 ha, representa al subtipo cálido subhúmedo localizado en municipios del sur de la entidad (INEGI, 2000). Por otra parte, el grupo B ocupa el 78.5 % de la superficie estatal y corresponde a 14 subtipos con una superficie de 5' 848,839.5 ha, de la sierra madre oriental, mesa del centro y partes bajas de sierra madre occidental, por último, el grupo C al que corresponde el 21.3% de la superficie de la entidad 1,584,052.5 ha, parte de la sierra madre occidental, eje Neovolcánico en el suroeste del estado.

Clima es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un periodo largo de tiempo. El clima de una localidad es determinado por los factores geográficos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad (Infografía, 2022) Clima árido se caracteriza porque las precipitaciones anuales son inferiores a la evaporación, bajo estas condiciones se suelen dar las estepas y los desiertos.

Clima cálido, en éste todos los meses tienen una temperatura media superior a los 18°C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación. Bajo estas condiciones se desarrollan las selvas y los bosques tropicales. El clima frío se distingue porque la temperatura media del mes más cálido es inferior a 10°C. La vegetación suele ser escasa o nula (Infografía Agroalimentaria, 2022). El clima muy árido registra temperaturas en promedio de 18 a 22°C, con casos extremos de más de 26°C, presentando precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio, este tipo de clima se presenta en 20.8% del país. Clima muy frío se distingue porque la temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C. No existe ningún tipo de vegetación. Clima semiárido Se presenta en la mayor parte del centro y norte del país, y se caracteriza por circulación de vientos que provocan escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas en promedio de 22 a 26 °C en algunas regiones y, en otras, de 18 a 22°C. Clima semicálido, sus rangos de temperatura oscilan entre 18 y 22°C y se encuentra asociado con vegetaciones de

matorrales subtropicales, chaparral y pastos. Clima semifrío se caracteriza porque la temperatura media del mes más frío es menor de -3°C y la del mes más cálido es superior a 10°C . Las precipitaciones exceden a la evaporación. Clima templado es intermedio en cuanto a temperatura (mesotérmico), se caracteriza porque la temperatura media del mes más frío es más frío es menor de 18°C y superior a -3°C , y la del mes más cálido es superior a 10°C Sosa-Rodríguez, 2015.

5.1. Cambio Climático

Hoy en día, México genera 1.41% del total de las emisiones de GEI a nivel mundial. Con una producción de 747.01 Mt CO_2 e, ocupa el puesto número 13 de las naciones del mundo con mayores emisiones. En el primer lugar se encuentra China, seguida por Estados Unidos de América (EE.UU.), la Unión Europea, India y Rusia. Pocos países han logrado reducir sus emisiones, destacando Alemania, Reino Unido, Dinamarca y Suecia, mientras que EE.UU. y Canadá las han aumentado en 15 y 26.8%, respectivamente (Sosa, 2015). México también las ha incrementado, pasando de 560 Mt CO_2 e en 1990 a 747.01 Mt CO_2 e en el 2010 WRI, 2013; SEMARNAT, 2016 y INE, 1994.

La mayor contribución de GEI producidos en el país proviene del sector energético, el cual emite 67.42% del total, siendo el consumo de combustibles fósiles la principal fuente con una participación de 83.50% del total nacional. Estas emisiones, básicamente dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO), se atribuyen sobre todo al sector transporte, destacando el de automotores con 21.05%, seguido por la industria de generación de energía (15.50%). Cabe mencionar que las emisiones por tipo de combustible se derivan, principalmente, por el consumo de gasolina y gas natural, las cuales contribuyen en la producción de GEI en 25.4% (102.75 Mt CO_2 e) y 31% (125.56 Mt CO_2 e), en ese orden.

En general, las emisiones del sector energético son resultado del uso de comburentes fósiles en las industrias manufactureras y para la generación de energía, así como en las emisiones fugitivas de metano provenientes de las actividades mineras, el manejo de carbón y la explotación de petróleo y gas natural (SEMARNAT, 2000; INE 1994, SEMARNAT, 2016; Sheinbaum Pardo y Ozawa Meida, 2006).

En segundo lugar, está el sector agrícola, que participa con 12.34% del total de emisiones de GEI a nivel nacional, en particular CH_4 y N_2O , que provienen de los cultivos, el suelo y el manejo del ganado (SEMARNAT, 2016; Ordóñez Díaz y Hernández Tejeda, 2006).

En el caso del sector agrícola, sus emisiones se redujeron en 0.65%, pasando de 92.78 a 89.99 Mt CO_2 e entre 1990 y el 2010, lo cual se atribuye a una disminución en la ganadería y los cultivos de cereales (arroz y maíz), que trajo como resultado un

incremento en la importación de alimentos. Aunque la reducción de las actividades agrícolas ha impactado de manera positiva en la disminución de GEI, esta situación pone en riesgo la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de los agricultores, quienes representan poco más de 22% de la fuerza laboral en México (INE-SEMARNAT, 2006). Desafortunadamente, la mayoría de la población que trabaja en este sector vive en severas condiciones de marginación y vulnerabilidad.

Impactos y vulnerabilidad ante el Cambio Climático (CC) en México Sector Impactos Vulnerabilidad Agricultura Cambios en la precipitación pueden aumentar la ocurrencia de sequías e inundaciones y, con ello, destruir cultivos (en especial de temporal), poniendo en riesgo la estabilidad económica de los agricultores y la seguridad alimentaria de México.

La degradación del suelo y el agotamiento de las fuentes del vital líquido están afectando la productividad agrícola. Se espera que la demanda de agua con fines agrícolas aumente por el CC; este sector es el principal usuario con un consumo de 77% del volumen total abastecido a nivel nacional (CONAGUA, 2019). La fuerte migración hacia las ciudades ha provocado que miles de hectáreas de cultivo se encuentren abandonadas. La productividad del suelo se ha reducido por el uso intensivo de plaguicidas y los sistemas de riego ineficientes. Muchas zonas todavía se riegan por gravedad, ya que los costos del agua son bajos y no representan su valor económico real. Asimismo, las prácticas agrícolas no cuentan con infraestructura, apoyo financiero o información climática para hacer frente a los impactos de las variaciones climáticas.

Es importante señalar que los cambios en la temperatura mínima anual y temperatura máxima anual, serán diferentes para cada región geográfica, con tendencia general a que sea más acentuado en las áreas áridas y semiáridas que en las áreas templadas y tropicales.

El análisis del cambio climático indica que habrá un aumento en la temperatura media anual de 2.8 °C y 5.0 °C en relación con el clima de referencia, y una disminución acumulada anual de la precipitación entre 3.1 % y 14.4 % en los escenarios futuros; estos cambios se presentarán principalmente en las zonas con precipitación anual menor a 600 mm en el clima de referencia. El área con aptitud ambiental para *Bouteloua gracilis* se incrementará entre 6.2 % y 9.1 % y para *Bouteloua repens* será entre 13.4 % y 16.5 % en el 2050 y 2070 respectivamente.

Los descriptores ecológicos que de manera conjunta contribuyeron en mayor medida a explicar los cambios en las áreas con aptitud ambiental fueron la oscilación térmica, la precipitación del mes más húmedo (septiembre), el fotoperiodo y la temperatura mínima del periodo más húmedo (Martínez *et al.*, 2020).

Por otra parte al estudiar los efectos del cambio climático en la producción de frijol en México (Medina *et al.*, 2006) encontró que la superficie de alto potencial de frijol de temporal en el país disminuirá conforme se avanza en los escenarios climáticos hacia el futuro, pasando de 1 millón 887 mil hectáreas en la climatología de referencia a 1 millón 121 mil hectáreas en el año 2070 del RCP 4.5; la superficie con potencial medio aumentará en la climatología 2030 y luego disminuirá en las siguientes años, lo que conculda de cierta manera que tanto los cultivos como los pastizales disminuirán significativamente su producción, por dicho efecto.

México se considera una de las naciones más vulnerables a los efectos del CC, ya que 15% del territorio nacional, 68.2% de su población y el producto interno bruto (PIB) están propensos a sufrir las consecuencias negativas de este fenómeno. En esta sección se identifican los impactos que el país podría experimentar por el CC, así como la vulnerabilidad de algunos sectores y regiones para hacerle frente. Con base en los resultados del Ensamble de 23 modelos climáticos globales (MCG) realizado por la Unidad de Investigación Climática (Climate Reserach Unit) para los escenarios SRES-A2 (asociado a una economía intensiva en el consumo de combustibles fósiles) y ajustado a la escala regional de México por medio de Statistical Downscaling Model (SDSM)—, se proyecta que la temperatura media anual en el país aumentará entre 0.5 y 4.8° C en el periodo 2020-2100 La precipitación podría reducirse en hasta 15% durante el invierno y 5% en el verano, mientras que la temporada de lluvias podría retrasarse hasta el otoño. La temperatura de la superficie del Mar Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano también podría aumentar entre 1 y 1.5° C, situación que favorecería la ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes, así como la pérdida de biodiversidad marina (Montero Martínez *et al.*, 2010).

La agricultura también será muy afectada por este fenómeno, el cual podría destruir grandes áreas de cultivo, en particular aquellas que son de temporal, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria del país, desafortunadamente, las prácticas de riego en diversas regiones siguen siendo poco eficientes, ya que se basan en el riego por gravedad en vez de utilizar técnicas menos intensivas en el consumo de agua.

5.2. Precipitación media anual

La precipitación media de 500 mm (INEGI, 2000). Los meses con menor precipitación son enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre y los meses de mayor precipitación promedio son julio, agosto y septiembre (Meteoblue, 2023) de acuerdo con los datos de las estaciones climáticas distribuidas en el estado el promedio anual estatal es de 410 mm al año, aunque en los últimos años se ha disminuidos los promedios debidos principalmente al cambio climático (INIFAP, 2019).

La precipitación (P) es uno de los factores principales que explican la producción de biomasa en pastizales y matorrales, la eficiencia en el uso de la precipitación (EUP), relación entre la producción de biomasa y la precipitación, permite el uso de paradigmas simples de modelos (Simple Ecological Sustainability Simulator o SESS) que pueden ser parametrizados con información meteorológica existente en el país. La relación EUP-Precipitación se analizó de acuerdo con la evidencia experimental disponible, estableciéndose la relación matemática congruente con esta evidencia, a efecto de replantear la relación que se usó en el modelo SESS. Para parametrizar la EUP en función de índices de vegetación, (Fernando Paz y Heriberto Díaz, 2018) analizaron un ejemplo en Coahuila, México, de corridas del modelo SESS y de estimaciones del índice NVDIcp a través del uso de imágenes del sensor AVHRR, para establecer relaciones funcionales entre la EUP espectral (NDVIcp/P) y la biomasa verde estimada con el modelo SESSr, encontrado correlación entre los sistemas con ciertas condicionantes para que puedan ser comparables Bolaños González et al., 2007

5.3. Temperatura media anual

La temperatura media anual para el estado, según el (INEGI, 2022 b) es de 14 °C, en los últimos 15 años, los meses más calurosos son abril, mayo junio, con temperaturas que han pasado de los 40 °C y los más fríos son noviembre diciembre y enero con temperaturas hasta de menos 10° C. Meteoblue, 2023 por otra parte la temperatura máxima promedio es de 27.1° C, la media de 18.2 y la mínima de 9.2 °C.

5.4. Sequía

Desde el punto de vista de la lluvia o del clima, se define a la sequía, como una condición natural, que se presenta periódicamente y sus efectos o impactos están directamente relacionados con su duración (INEGI, 2022).

La Sequía no se debe de ver como un problema, sino como una condición natural de algunas regiones del país, producto principalmente de la ausencia o irregularidad de la precipitación y el exceso de la evaporación. En forma práctica, el control de la sequía está fuera de nuestro alcance y sus efectos pueden ser modificados en forma paulatina a través del manejo del suelo, del agua y la planta, ya sea para mejorar o para empeorar esta condición.

La definición conceptual y específica de sequía es difícil de precisar, debido a un gran número de factores que intervienen en ella. Las variables que más se emplean para evaluar la sequía, solas o combinadas, son: precipitación pluvial, temperatura del aire, humedad del aire, evaporación en superficies libres, evapotranspiración, humedad del suelo, velocidad del viento y escorrentía.

A la sequía también se le puede ver como una situación en la que la disponibilidad de agua es insuficiente para satisfacer las necesidades de los seres vivos, donde se condiciona la posibilidad de desarrollo adecuado a las poblaciones de plantas, animales y de seres humanos.

La sequía es una propiedad normal y recurrente del clima, a la cual erróneamente se le considera algunas veces como un evento poco frecuente y aleatorio.

La sequía sucede virtualmente en casi todas las zonas climáticas, aun cuando sus características varían significativamente de una región a otra.

A la sequía se le considera un desastre natural, la cual es originada por una deficiencia en la precipitación sobre un periodo extendido de tiempo. Esa deficiencia ocasiona una escasez de agua para el desarrollo de actividades de grupos o sectores de la población.

En general, es difícil afirmar si ante una condición dada de ausencia de lluvias o de humedad, se trata de una sequía o de un simple retraso. Indicar con certeza cuando empieza una sequía es de lo más incierto, pues al fenómeno se le reconoce más por los efectos que por sí mismo. El fin de la sequía es fácilmente reconocible por la ocurrencia de lluvias en cantidad tal que satisfagan las necesidades (Palmer, 1965).

Las sequías son inevitables; impredecibles; sin trayectoria establecida; sin inicio ni término bien definidos; recurrentes, mas no cíclicas, y potencialmente catastróficas.

Según sus impactos estas se clasifican en: agrícolas, hidrológicas, meteorológicas y socioeconómicas.

En diferentes partes del mundo se emplean índices e indicadores para medir cuantitativamente la sequía. Entre ellos, el más importante para el caso de México es el monitor de sequía de América del Norte, en el cual participan expertos de México, Estados Unidos y Canadá con el objetivo de describir las condiciones de sequía en la región y generar mapas diagnósticos de este fenómeno.

Las sequías son de naturaleza expansiva y pueden afectar potencialmente a varios sectores de la sociedad. Estas se pueden presentar en cualquier momento, en cualquier parte del mundo y persistir durante años.

Entre los problemas que ocasionan se encuentran los siguientes:

- Escasez de agua
- Agua de mala calidad
- Desabasto de agua para la agricultura y la industria
- Incendios

- Conflictos transfronterizos (las sequías no se detienen en las fronteras estatales o internacionales)

Por su naturaleza, las sequías ocasionan desastres de progresión lenta, lo cual dificulta el monitoreo de su progresión y la cuantificación de su impacto, dado que las sequías son inevitables, esta herramienta es útil para la toma de decisiones y la planeación en los ámbitos de la agricultura y la industria, la emisión de alertas tempranas y la concientización sobre el uso de los recursos hídricos, con el fin de crear resiliencia ante este fenómeno (CONAGUA, 2019).

(Velasco, 2006) menciona y describe los cuatro tipos de sequía, que a continuación se mencionan:

Meteorológica: Es la de más corta duración y está caracterizada por la ausencia de lluvias por unas cuantas semanas. Entre las consecuencias ambientales están las altas temperaturas, baja humedad ambiental y vientos frecuentemente fuertes.

Agrícola: Este tipo de sequía es de carácter estacional y se relaciona con la duración del desarrollo fenológico de los cultivos. Se caracteriza por insuficiente humedad en el suelo, reduciendo o nulificando el desarrollo vegetativo, por ende, bajas en los rendimientos.

Hidrológica: Es un tipo de sequía de mayor plazo, que puede ser desde uno hasta de varios años; se caracteriza básicamente por una baja perceptible en los niveles de ríos, presas y acuíferos, en caudal y/o volumen. La baja en la lluvia ocasiona la disminución de los escurrimientos, lo cual hace que los cuerpos receptores, tales como las presas, lagos y acuíferos, disminuyan su nivel y volumen.

Económica: Este tipo de sequía está relacionada con los efectos de pérdida de ingreso y de productividad en aquellas actividades que tienen al agua como insumo. Está directamente relacionada con el grado de dependencia del recurso en tiempo y volumen, de las necesidades mínimas a satisfacer, de su importancia como insumo en los procesos productivos, etc.

A continuación se describen de manera general la denominación de las sequías, sus consecuencias y la duración:

5.4.1. Sequía excepcional

D4: Sequía excepcional

- de 1 a 50 años
- pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos y pastizales
- escasez de agua en presas, ríos y pozos
- medidas de emergencia en restricción de uso del agua

5.4.2. Sequía Extrema

D3: Sequía extrema

- I de 1 a 20 años
- I las pérdidas de cultivos y pastizales son comunes
- I escasez de agua generalizada
- I imposición de restricciones de uso de agua
- I riesgo extremo de incendios

5.4.3. Sequía Severa

D2: Sequía severa

- I de 1 a 10 años
- I probables pérdidas de cultivos y áreas de pastizal
- I escasez de agua
- I restricciones en el uso de agua voluntarias u obligatorias
- I riesgo muy alto de incendios

5.4.4. Sequía Moderada

D1: Sequía moderada

- I de 1 a 5 años
- I bajos niveles en ríos y presas
- I escasez moderada de agua
- I se recomiendan restricciones voluntarias en el uso de agua
- I riesgo alto de incendios

5.4.5. Anormalmente Seco

D0: Anormalmente seco

- I sequedad de corta duración (de 1 a 3 años) y leve intensidad
- I crecimiento lento de cultivos
- I déficits de agua, recuperación lenta de los pastizales
- I riesgo de incendios superior al promedio



6. ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

La Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Estocolmo 1972) marcó un hito a nivel global en cuanto a la necesidad de planear el uso de los recursos naturales y de regular el crecimiento de los asentamientos humanos. A partir de entonces son diversos los países que utilizan al Ordenamiento del Territorio, con diferentes denominaciones, como un instrumento para planificar y regular en sus territorios las actividades productivas, conservar sus recursos naturales y mejorar la calidad de vida de sus poblaciones, (SEMARNAT, 2016).

De manera general, ordenamiento ecológico es considerado como un proceso de planeación de los usos del suelo con propósito de garantizar la funcionalidad y sostenibilidad del medio natural, la población y la actividad productiva con ello, lograr un equilibrio entre la transformación y la conservación del medio (SEMARNAT, 2016).

Los sectores que pueden ser incluidos en el proceso de ordenamiento ecológico son los siguientes: Agricultura, acuacultura, pecuario, aprovechamiento, forestal, minería, conservación, comunicaciones, urbano, turismo, áreas naturales protegidas, forestal.

Algunos analistas sostienen que la falta de un conocimiento profundo sobre las posibilidades y restricciones de los recursos naturales propios, impide evaluar cuidadosamente el impacto regional de algunas de las políticas macroeconómicas y sectoriales de mayor significación (Gligo, 1986) además comenta que un primer planteamiento general es que el conocimiento de los recursos naturales y el dominio del medio ambiente tienen incidencia no sólo sobre la sustentabilidad ambiental y la calidad de vida de la población, sino también sobre los niveles de competitividad regional.

Un término comúnmente utilizado es el de desarrollo sustentable el cual fue definido por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas en un informe conocido como "Nuestro futuro común" como: "El desarrollo que satisface las necesidades de generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las necesidades propias" (WCED, 1987).

El enfoque de desarrollo sustentable en que se basa el ordenamiento ecológico no pretende tener una orientación hacia la conservación, el desarrollo o la economía, si no una perspectiva equilibrada que permita alcanzar metas planteadas. Los estudios de ordenamiento se deben de apoyar en información provenientes de diferentes fuentes.

Las bases de datos y la información cartográfica, pueden ser integradas en los sistemas de información geográfica (SIG), para mejorar la capacidad de análisis de gran cantidad de datos disponibles de cada estado (Echavarría *et al.*, 2009).

Los ordenamientos ecológicos (Anta *et al.*, 2006) locales o comunitarios preferentemente se basan en cuatro componentes estructurales básicos del paisaje para el manejo de los recursos naturales, tales como el uso de suelo actual, la vegetación natural, la topografía del área y el componente edafológico. El ordenamiento, responde a una línea o secuencia biogeofísica, parte de la interacción de los componentes del paisaje (agua, suelo, atmósfera, flora y fauna), por lo que es importante mantener el equilibrio con un enfoque ecológico para garantizar la calidad de los recursos en un futuro Meraz Jiménez *et al.*, 2010.



7. SUELO

Suelo es la capa de corteza superior-externa, configurada en la litosfera, basada en roca, cuya formación responde a residuos orgánicos, los cuales se transforman en piedras y se depositan a lo largo de años, dependiendo del tipo de ambiente y su ubicación geográfica, la composición del suelo varía a lo largo del planeta, dependiendo de muchísimos factores como el clima, la cercanía a cursos de agua, la intensidad de las lluvias, las corrientes de viento, las temperaturas a las que se expone, los microorganismos que se desarrollan sobre él, entre otros. Es decir, el suelo es el lugar donde se llevan a cabo infinitos procesos químicos y físicos relacionados a la vida de los ecosistemas, el suelo ganadero es el suelo entendido como un medio para el desarrollo de la ganadería.

La materia orgánica (MO), además de ser un indicador de la fertilidad del suelo, mejora la estructura edáfica, la cual, a su vez, influye en la formación de micro y macro agregados, la continuidad de poros hacia la superficie y la infiltración de agua a todo el perfil, la superficie y la infiltración de agua a todo el perfil según (Sustaita *et al.*, 2000; Caravaca *et al.*, 2001).

Por otra parte, mejora las condiciones de los suelos minerales; en los arenosos incrementa la capacidad de retención de agua y de nutrimentos, mientras que en los arcillosos los hace menos pesados y mejora su labranza (Edward, 2000).

En Zacatecas se identifican 14 tipos de suelo, de los cuales cuatro ocupan la mayor parte de la superficie, estos son xerosol, litosol, feozem, y regezol, que representan el 79.5% de la superficie estatal con 5 ' 919, 027 ha; los castañozem, cambisol, liviosol, rendizina y vertisol suman el 18.5 % del total estatal y comprenden 1,374, 671.8 ha; finalmente los tipos planosol, solonshak, solonetz, fluviosol y yermosol que comprenden el 2 % con 149,165.3 ha (INEGI, 2022).

En los ecosistemas áridos y semiáridos, las cianobacterias fotosintéticas y los líquenes que crecen en pocos centímetros superiores del suelo forman una costra que juega un papel importante en la estabilización del suelo (Belnap *et al.*, 2001 y Warren, 2001). Estos organismos vegetales ayudan a crear la estructura del suelo, ciclan nutrientes e incrementan la infiltración, reduciendo los escurrimientos superficiales, las pérdidas de suelo y nutrientes permitiendo a las plantas tolerar mejor los disturbios y recuperarse de los mismos (Herrick *et al.*, 2005).

Los estudios sobre infiltración del agua y la erosión hídrica en suelos de pastizales del norte de México sólo han considerado la cobertura de las plantas vasculares, pero no han cuantificado la importancia de la costra biológica. El objetivo del trabajo fue evaluar la infiltración del agua en un pastizal mediano abierto dominado por *Bouteloua gracilis* en áreas con y sin costra biológica, se localizaron 64 puntos donde se realizaron las pruebas de infiltración, la mitad de ellas con costra biológica la otra mitad sin costra. Los resultados obtenidos en el presente estudio no apoyan la hipótesis de que las costras biológicas en los suelos del pastizal dominado por *Bouteloua gracilis* mejoran las tasas de infiltración de agua. Los factores del impacto de la gota de lluvia y del escurrimiento superficial deben ser estudiados en suelos protegidos con costras biológicas en los pastizales para analizar su importancia en la protección del suelo (Quiñones *et al.*, 2009).

7.1. Capacidad Agroecológica (Aptitud Productiva)

La capacidad agroecológica se refiere a la habilidad de un sistema agrícola para producir de manera sostenible y nutritiva, considerando tanto factores ecológicos como socioeconómicos. Esta basada en la integración de la ciencia para crear sistemas resilientes que mantienen la fertilidad del suelo, la biodiversidad y la capacidad de recuperarse frente a las perturbaciones como el cambio climático.

Es un concepto holístico y esencial para transitar hacia sistemas alimentarios verdaderamente sostenibles, es una guía dinámica para manejar la tierra de forma inteligente y respetuosa, asegurando que podamos alimentarnos hoy sin hipotecar el futuro.

Capacidad agroecológica (también llamada uso potencial o de aptitud productiva) parte del conocimiento teórico de las capacidades de que disponen los suelos de acuerdo a la clasificación de la FAO/UNESCO (1980). Para lo cual se utilizan las bases de datos para la definición de la capacidad agroecológica que son las siguientes:

1. Carta edafológica escala 1:50,000
2. Mapa de pendientes elaborado a partir del modelo de elevación digital desarrollado por el INEGI a una escala de 1:250,000, con resolución de 180 x180m.
3. Mapa de los climas de México, desarrollado por el INIFAP para la elaboración de la relación precipitación – evaporación Medina *et al.*, 2009.
4. Mapa de fases fisicoquímicas del suelo, elaborado a partir de información del INEGI.
5. Mapa de uso del suelo desarrollado por la (UNAM,1995) para delimitar áreas de uso agrícola y ganadero



8. CONCLUSIONES

La presente revisión bibliográfica, actualiza el marco de los pastizales en México y en el estado de Zacatecas, nos indica el estado actual de los pastizales, los suelos y su condición, así mismo el coeficiente de agostadero presente en el estado, y pone de manifiesto que hace falta mayor información relacionada con el uso, manejo y conservación de los recursos naturales.

Pretende contribuir en el manejo exitoso de los pastizales con un manejo adaptativo, donde el productor o el técnico en el manejo de los recursos naturales se convierta en el principal gestor del ecosistema. Entendiendo que el futuro de la ganadería y la conservación de nuestros recursos naturales dependerá en gran medida de nuestra capacidad para adoptar prácticas para el mejor manejo de los pastizales, entendiendo que un pastizal saludable es la base de la producción animal sostenible y un legado ambiental invaluable.

Es además de importancia vital enfatizar que la disciplina del manejo de pastizales va más allá de una visión meramente productivista. Debe de representar una alianza entre la actividad humana y los procesos naturales. Cuando los pastizales se manejan en forma sostenible y sustentable se convierten en proveedores clave de servicios ecosistémicos actuando como sumideros de carbono mitigando el cambio climático, regulando el ciclo del agua previniendo la erosión y la desertificación, albergando una abundante y rica biodiversidad.

9. REFERENCIAS

AGROASEMEX, S.A. 2006. La experiencia mexicana en el desarrollo y operación de seguros paramétricos orientados a la agricultura. AGROASEMEX, S.A. Querétaro, México. ISBN 968-9098-00-4.

Anta F., S., Arreola M., A. V., González O., M. A.; Acosta G., J. (Compiladores). 2006. Ordenamiento territorial comunitario: un debate de la sociedad civil hacia la construcción de políticas públicas. INE-SEMARNAT. 251 p.

Antonio de Jesús Meraz Jiménez; José Luis Galarza Mendoza; Joaquín Sosa Ramírez; Amalio Ponce Montoya; Jorge Alejandro Torres González. Ordenamiento ecológico comunitario: un modelo de manejo de recursos naturales para el desarrollo comunitario, estudio de caso ejido potrero de los López, Aguascalientes, Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(1): 151-163, 2011. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.044>

Bai, Y., J. Wu, Q. Xing, Q. Pan, J. Huang, D. Yang, and X. Han. 2008. Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. Ecology 89: 2140-2153. doi: 101890/07-0992.1.

Baile C.A., M. Forbes. 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. Physiological reviews. 54: 161- 200.

Belnap, J., R. Prasse, and K. T. Harper. 2001. Influence of biological soil crusts on soil environments and vascular plants.pp. 281-300.In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer. Ecol.Stud. 150. Berlin, Germany.

Bolaños González, MA; Paz Pellat, F. 2010. Modelación general de los efectos de la geometría de iluminación-visión en la reflectancia de pastizales (en línea). Técnica Pecuaria en México 48(4):349–361. Consultado 17 nov. 2020. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000400004.

Bolaños González, MA; Paz Pellat, F., Palacios Vélez, E., Mejía Sáenz, E., Huete, A. 2007. Modelación de los efectos de la geometría sol-sensor en la reflectancia de la vegetación. Agrociencia 41(5):527–537.

Caravaca, F., A. Lax, and J. Albaladejo. 2001. Soil aggregate stability and organic matter in clay and fine silt fractions in urban refuse- amended semiarid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1235-1238.

Carreón H.E., J.C. Guzmán- Aranda, C. Pinedo A. y A. Lafón T. 2008. Cambios en la cobertura de la ecorregión desierto Chihuahuense: Análisis retrospectivo de las décadas 1970- 2000. En memorias del simposio internacional de manejo de pastizales. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah.

Casas F.J.I. 2021, Modelado de variables edáficas y geomorfológicas en sitios de pastizal mediante vuelos aéreos no tripulados en el estado de Zacatecas. Tesis de maestría Universidad Juárez de Durango, P.63.

CEFOPP, 2019. Comité estatal para el fomento y protección pecuaria de Zacatecas. Reporte de movilización de ganado a otros estados en base a las guías de tránsito.

CFAND-CID.1965. Estudio integral preliminar de la ganadería de la zona norte de la república mexicana. Centro de investigación del desarrollo. Tomo IV. Inventario de los recursos ganaderos en el norte de México. COPARMEX. México.

CONAFOR, 2014. Inventario estatal, forestal y de suelos de Zacatecas. Libro. P.156

CONAGUA, 2019. www.gob.mx./imta/articulos/que-son-las-sequias.

COTECOCA. 2014. Comisión Técnica consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero, Chihuahua. Subsecretaría de ganadería. SARH. México.

Cotera, M., E Guadarrama, J. Bernner, A.M. Arango, M.E. García G.,A. Ganem, G.Belli, S. Yanoff, T. Sullivan,S. Nájera, P. Gronemeyer, J.Weigel, J. Karges, B. McCready, D. Mehlman, J. Bregan, J. King, M. Gallyoun, D.L. Certain, R. Potts, J. Wrinkle, J. Bezaury, H.M. Arias, J. Atchely, y I.E. Parra. 2004. Ecorregional Conservation assessment, of the Chihuahuan Desert. Pronatura Noreste, The Nature Conservancy y World Wildlife fund.

Dinerstein, E., D. Olson J. Atchely, C. Loucks, D. Contreras- Balderas, R. Abell, E. Iñigo, E. Enkerlin, C. E. Williams, y G. Castilleja. 2000. Ecoregión Based Conservartion in the Chihuahuan Desert: Found, CONABIO, The Nature Conservancy, Pronatura Noreste e ITESM. Pag 71 INIFAP.

Echavarría-Cháirez F, Santos JL, Gutiérrez R, Medina G. Validación de una estrategia metodológica para la evaluación cualitativa de un pastizal mediano abierto del estado de Zacatecas. Rev Mex Cienc Pecu 2015; 6(2):171-191.

Echavarría C.F., Medina G.G., Rumayor R.A., Serna P.A., Salinas G.H., Bustamante W.J. 2009. Diagnóstico de los Recursos Naturales para la Planeación de la Intervención Tecnológica y el Ordenamiento Ecológico. INIFAP. Libro técnico No 10.

Edward, J. P. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Paraninfo. Madrid, España

FAO-PNUMA-UNESCO.1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. Programa de naciones unidas para el medio ambiente. Via delle terme de Caacalla, 00100. Roma Italia.p86.

Fernando Paz y Heriberto Diaz., 2018. Relationships among precipitation, biomass production and spectral vegetation indices: scopes and limitations. Terralatioam, Vol.36.no 2 Chapingo abril/jun/ <https://doi.org/10.28940/terra.v.30i2.235>.

Sosa-Rodríguez. 2015. Realidad datos y espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía, 2015 - rde.inegi.org.mx. vol.6. Núm.2. pag.23

Gasqué Gómez R. 2008. Capítulo 2. Canales y cortes del bovino. In: Enciclopedia Bovina. 1 edición. México: UNAM; 2008: 37-42

Gligo N. (1986) "Medio ambiente en la planificación latinoamericana: vías para una mayor incorporación" en La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo. CEPAL/ILPES/PNUMA, Buenos Aires, Argentina, GEL.

Guardado D. 2023. Periódico digital. Que son los pastizales y su importancia. Periodicodigital.mx/ que son pastizales.

Gutiérrez B.H, Aguirre C.C.E., Ibarra F.J.M., González C.F., Gutiérrez L.R., Martínez T.G. 2012. Alimentación y manejo de bovinos en agostadero durante las épocas de sequía. INIFAP. Folleto técnico núm. 45.

Gutiérrez, L.R., Medina, G.G., Amador, R.M. 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas. INIFAP, Folleto informativo No.36, pag.22

Herrera, A.Y. y O.A. Cortés A. 2009. Diversidad y distribución de las gramíneas (Poaceae) en el estado de Zacatecas. J Bot Res Inst Texas. 3 (21):775-792

Herrick, J. E., J. W. Van Zee, K. M. Havstad, L. M. Burkett, and W.G. Whitford. 2005. Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Vol. II. Design, supplementary methods and interpretation. USDA-ARS Jornada Experimental Range. Las Cruces, NM, USA.

Hobbs T. 1995. The use of NOAA-AVHRR NDVI data to assess herbage production in the arid rangelands of Central Australia. Int J Remote Sensing;(16):1289-1302https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/1405/cambio_climatico_perspectiva_regional.pdf

Huxman, T. E., M. D. Smith, P. A. Fay, A. K. Knapp, M. R. Shaw, M. E. Loik, S. D. Smith, D. T. Tissue, J. C. Zak, J. F. Weltzin, W. T. Pockman, O. E. Sala, B. M. Haddad, J. Harte, G. W. Koch, S. Schwinning, E. E. Small, and D. G. Williams. 2004. Convergence across biomes to a common rain-use efficiency. Nature 429: 651-654. doi: 10.1038/nature02561.

Industria Ganadera, SAGARPA, 2012. gbcbiotech.com/bovinos.html. p14.

INE, 1994. Instituto Nacional de Ecología. Manejo y rehabilitación de agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México. (Región Norte) [Http://repositorio.ine.gob.mx/ae_333.736153_c655.pdf](http://repositorio.ine.gob.mx/ae_333.736153_c655.pdf).

INEGI. 2000. Conjunto de datos vectoriales.Climas. (Unidades Climaticas).Escala 1:1,000, 000.

INEGI. 2022.Estadísticas a propósito del Día Mundial Forestal. INEGI, 2010b.

INEGI. 2022. www.inegi.gob.mx

INEGI. VII Censo agropecuario 2022. www.inegi.gob.mx

INEGI. 2022.IX Censo agropecuario. www.inegi.gob.mx

INEGI. 2022 b. Conjunto de datos vectoriales. Climas. Edafología. Continuo Nacional. Escala 1:1,000, 000.

INEGI.2021. Estadísticas a propósito del día mundial de la lucha contra la desertificación y la sequía. <http://www2.ine.gog.x/publicaciones/libros/21/reforest.html>.

INE-SEMARNAT. 2006. Inventario Nacional de GEI 1990-2002. México, INESEMARNAT, México, 2006. Inventario Nacional de GEI 2002. México, INE

Infografía Agroalimentaria 2022. (SIAP) © 2022 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Benjamín Franklin 146, Escandón, Miguel Hidalgo, C.P. 11800, CDMX . C:/user/hp/down/oads/zacatecas-infografia- agroalimentaria- 2020%.20.Pdf.

INIFAP. 2019. Red de Extracción Meteorológicas de Zacatecas. <http://zacatecas.inifap.gob.mx>

Jones, A. 2000. Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: a quantitative review. *Western North American Naturalist*. 60:155-164.

Lifeder. 2019. Pastizales en México: características, ubicación, flora, fauna. www.lifeder.com/pastizal-mexico/

Martínez Sifuentes, J. A., Duran Puga, N., Ruiz Corral, J. A., González Eguiarte, D. R., Mena Mun-guía, S. 2020. Climate change impact on areas with environmental aptitude for *Bouteloua gracilis* and *Bouteloua repens* in Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e720. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e720>

Medina G.G., Gutiérrez L.R., Francisco G. Echavarría., C.F., Mario Amador R.M, Ruiz, C.A. 2009. Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. *Téc Pecu Méx.* 47(2):135-144.

Medina G.G., Ruiz, C.A., Bravo L.A. 2006. Definición de sequía. Sequía. Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el centro Norte de México. 2ª Ed. diciembre Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Meteoblue.2023.https://www.meteoblue.com/es/blog/article/show/40120_D%C3%A1+Meteorol%C3%B3gico+Mundial+2023

Miranda F.W. 2021. Introducción al manejo del pastizal: Consideraciones generales. Región Noroeste. Consultado 14 sep. 2021. Disponible en <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/9526>.

Montero Martínez, M. J., J. Martínez Jiménez., N. I. Castillo Pérez y B. E. Espinoza. 2010. Tamarindo. "Cap. 2. Escenarios climáticos en México proyectados para el siglo XXI: precipitación, temperaturas máximas y mínimas", en: IMTA. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. México, IMTA, 2010, pp. 39-68.

Ordóñez Díaz, J. A. B. y T. Hernández Tejeda. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2006. Informe Final. Categoría de Agricultura. México.

Página www de Sader 2023. regulación de agostadero.

Palmer W. C. 1965. Meteorological Drought. U. S. Department of Commerce. Weather Bureau. Research Paper No. 45. Washington D. C. 58 pp.

Parra G.M.A., Ramirez M.F., Enriquez. C.E. 2005. Información práctica para el aprovechamiento forrajero sostenible en los agostaderos de Sonora. INIFAP, Folleto informativo No .11, p 16.

Paz, F., E. Palacios, M. Bolaños, A. Cano, A. Zarco, F. Pascual, L. A. Palacios y M. Martínez. 2006. Design of a country scale livestock insurance in grasslands using AVHRR sensor. pp. 683-685. In: J. A. Sobrino (ed.). Second Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Universitat de Valencia. Valencia, Spain.

Pellant M, Shaver P, Pyke DA, Herrik JE. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior. Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Denver. Co. BLM/WO/ST-00/001+ 1734/REV05.

Posada-Asprilla, W.; Medina-Sierra, M.; Cerón-Muñoz, M. 2019. Estimación de la calidad y cantidad de pasto kikuyo [*Cenchrus clandestinum* (Hochst. ex Chiov.) Morrone] usando imágenes multiespectrales. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 22(1):e1195. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1195>

Pyke Dahari JE, Shaver Appellant M. 2002. Rangeland health attributes band indicators for qualitative assessment. *J Rango Manage.* 55:584-597

Quiñones V.J.J., Castellanos P.E., Valencia C.C.M., Martínez R.J.J. Montez, G.C.A. 2009, Effect of Biological Soil Crust on Water Infiltration in a Rangeland Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Apartado Postal 1-142, 35000 Gómez Palacio, Durango. México.

Rzedowski J. Vegetación de México. 1ra ed. digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; 2006. [Links]

Rodríguez T.D., 2022. XI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, memorias.pg 502, ISSN: 1870-8192.

Royo, M., A. J. Santos S., R. Carrillo P. Jurado, R. Gutiérrez y F. Echeverría. 2008. La salud de los pastizales medianos en los estados de Chihuahua y Zacatecas. En memorias del II Simposio internacional de manejo de pastizales. Zacatecas, México.

SADER, 2023. <https://www.gob.mx/agricultura>.

Sala, O. E., W. J. Parton, L. A. Joyce, and W. K. Lauenroth. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology* 69: 40-45. doi: 10.2307/1943158.

SECAMPO, 2020. Apoyos del programa de mejoramiento genético en el estado de Zacatecas.

SAGARPA. 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural. Pesca y Alimentación, Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de agostadero (COTECOCA).

SEMARNAT. 2000. Ordenamiento ecológico general del territorio. Memoria Técnica 1995-2000. Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Ambiental. Dirección de Ordenamiento General del Territorio. México, D.F. 540 p.

SEMARNAT. 2011. Estrategia Nacional de manejo sustentable de tierras. México, D.F: 112p.

SEMARNAT. 2016. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ecosistemas terrestres. En: Informe de la situación del medio ambiente en México. 2016. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap2_Ecosistemas.pdf.

Serna P.A, Echeverría G.F.C. 2007. Niveles de degradación de un pastizal, semiárido: II Diferencias de productividad, IV simposio internacional de pastizales. San Luis Potosí. S.L.P. 2007: 163-171

Serrato, S., R.C.C.M., Valencia, O.F., del Río. 1999. Interrelaciones entre variables del suelo y de las gramíneas en el pastizal semiárido del norte de Durango. *TERRA*, 17(1): 27-34.

Sheinbaum Pardo, C. y L. Ozawa Meida. Inventario Nacional de Emisiones de GE. 2006. Informe final. Categoría de procesos industriales y uso de productos.

SIAP, 2021, Sistema de información agropecuaria, SADER. www.siap.gob.mx

Sinde, I; Yáñez, D; Grefa, J; Arza, M; Gil, M. 2020. Estimación del rendimiento del pasto mediante NDVI calculado a partir de imágenes multiespectrales de vehículos aéreos no tripulados (UAV). *Revista Geoespacial* 17:25–38.

Statista.com. 2023. Software «Meat, Cattle Production by FAO Food and Agriculture Organization»

Stumpf F., M. K. Schneider, A. Keller, A. Mayr, T. Rentschler, R. G. Meuli, M. Schaepman y F. Liebisch. 2020. Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. *Ecol. Indic.* 113:106201. En la página 26 de machote de tesis este salió del artículo Métodos para estimar biomasa en pastizales del estado de Chihuahua.

Sustaita, R. F., V. Ordaz Ch., C. A. Ortiz S. y F. de León G. 2000. Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola. *Agrociencia* 34: 379-386.

UNAM, 1995. Carta de uso de suelo. Universidad Autónoma de México. México. D.F.

Velasco, V. 2006. Importancia del fenómeno de la sequía. Sequía. Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el centro Norte de México. 2º Ed. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ivelasco@tlaloc.imta.mx

Warren, S. D. 2001. Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. pp. 349–360. In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlín, Germany.

WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. Our common future. Oxford: Oxford University Press. 400 pp.

World Resources Institute (WRI). 2013. Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). Washington, WRI, 2013.

LOS PASTIZALES

Y SU ENTORNO EN

MÉXICO Y EN ZACATECAS



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



LOS PASTIZALES

Y SU ENTORNO EN

MÉXICO Y EN ZACATECAS



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

