



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIRECCIÓN DE CENTROS REGIONALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL
REGIONAL

RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS DE PASTOREO DEGRADADAS
POR MEDIO DEL PASTOREO HOLÍSTICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

PRESENTA:

MIGUEL MÁRQUEZ MADRID



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES

Enero de 2002
Zacatecas, Zac., México.

BIBLIOTECA CENTRAL U.A. CH

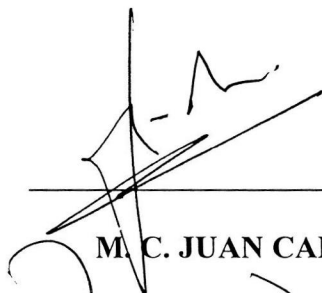
Bib. 96917

RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS DE PASTOREO DEGRADADAS POR MEDIO DEL PASTOREO HOLÍSTICO

Tesis realizada por **Miguel Márquez Madrid** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

DIRECTOR:



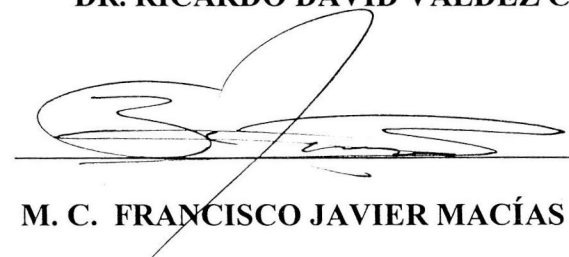
M. C. JUAN CARLOS LEDESMA MARES

ASESOR:



DR. RICARDO DAVID VALDEZ CEPEDA

ASESOR:



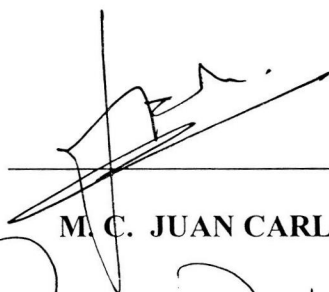
M. C. FRANCISCO JAVIER MACÍAS RODRIGUEZ

A.-39338

RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS DE PASTOREO DEGRADADAS POR MEDIO DEL PASTOREO HOLÍSTICO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Miguel Márquez Madrid** de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



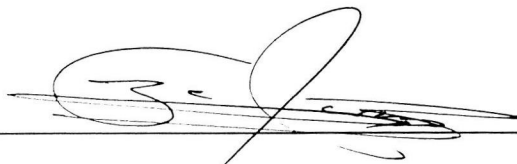
M. C. JUAN CARLOS LEDESMA MARES

ASESOR:



DR. RICARDO DAVID VALDEZ CEPEDA

ASESOR:



M. C. FRANCISCO JAVIER MACÍAS RODRÍGUEZ

DEDICATORIA

A mi hijo **Miguel Alejandro Márquez Calderón**, motivo para superarme cada día.

A mi esposa **Verónica Calderón Cabrera**.

A mis padre **Camerino Márquez Fraire**.

A mi madre **Eustolia Madrid Amador**.

A mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A los Académicos M. C. Juan Carlos Ledesma Mares, Dr. Ricardo David Valdez Cepeda y M. C. Francisco Javier Macías Rodríguez, por sus valiosas observaciones y el tiempo que dedicaron a la revisión de la tesis.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por darme la oportunidad de realizar la Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo de la beca.

Al Programa de Recursos Naturales y Ecología de la UACH, por financiar parte del trabajo de campo del tema de investigación de la presente tesis.

A los profesores de la Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional, un reconocimiento por su enseñanza y compartir sus experiencias.

Al personal del Centro Regional Universitario Centro Norte de la UACH, por su apoyo en algunas fases de la investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 17 de marzo de 1966, en Sombrerete, Zacatecas, México. Es ingeniero Agrónomo con especialidad en Zootecnia por la Universidad Autónoma Chapingo. Profesionalmente se ha desempeñado en instituciones de la iniciativa privada, como Investigador en el Centro de Investigaciones en Energéticos y Desarrollo, A. C. (CIEDAC), y como profesor e investigador en el Centro Regional Universitario Centro Norte de La Universidad Autónoma Chapingo. En su experiencia laboral, una de las líneas de trabajo es el manejo de los recursos de las unidades de producción pecuarias, destacando el manejo de las áreas de pastoreo.

RESUMEN

RECUPERACIÓN DE LAS ÁREAS DE PASTOREO DEGRADADAS POR MEDIO DEL PASTOREO HOLÍSTICO

Las áreas de pastoreo son importantes porque proveen alimento para el ganado y la fauna y como cuencas hidrológicas que suministran agua para la agricultura, las ciudades y la industria. En ellas, es frecuente el manejo inadecuado, el cual causa agotamiento y pérdida de los recursos naturales, genera degradación en el ecosistema y, disminuye su capacidad productiva. El monitoreo biológico se realizó en septiembre del 2000, en agostaderos de cuatro ranchos de Valparaíso, Zacatecas, uno usa el método de pastoreo holístico y tres el pastoreo continuo. El objetivo fue demostrar que el pastoreo holístico puede ser un medio eficaz para conservar y recuperar las áreas de pastoreo degradadas. Se evaluaron indicadores del medio físico y biológico. Se utilizó la metodología para el monitoreo biológico de las áreas de pastoreo: Early Warning Biological Monitoring -Rangelands and Grasslands-. La cobertura basal y del suelo, diversidad florística y densidad de plantas fueron mejores en el agostadero con pastoreo holístico, mientras que el suelo desnudo, erosión del suelo y compactación del suelo fueron más adversos en los ranchos con pastoreo continuo. El método de pastoreo holístico es un medio eficaz para recuperar y conservar las áreas de pastoreo.

Palabras clave: método de pastoreo, áreas de pastoreo, conservación y recuperación de los recursos.

ABSTRACT

RECOVERY OF THE DEGRADED AREAS OF GRAZING THROUGH THE HOLISTIC GRAZING

The grazing areas are important because they provide food for the livestock and the wildlife; moreover, they are hydrological basins that give water for the agriculture, the cities and the industry. There is common the inadequate management, which causes exhaustion and decrease of the natural resources, generates degradation in the ecosystem and diminishes their productive capacity. The investigation was carried out in September, 2000, in rangelands of four ranches within the municipality of Valparaíso, Zacatecas, one uses the method of holistic grazing and three the continuous grazing. The objective was to demonstrate that the holistic grazing system could be an effective tool in order to conserve and to recover the degraded grazing areas. Physical and biological indexes were evaluated. The used methodology was that of the biological monitoring of the grazing areas: Early Warning Biological Monitoring - Rangelands and Grasslands -. The basal soil cover, floral diversity and density of plants were better in the rangelands with holistic grazing; whereas the bare soil, soil erosion and soil compaction were more adverse in the ranches with continuous grazing. The method of holistic grazing is an effective technique to recover and to conserve the grazing areas.

Key words: grazing method, grazing areas, conservation and recovery of the resources.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivos	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. La actividad ganadera en el desarrollo rural	4
2.2. La importancia del ganado y las tierras de pastoreo	7
2.3. La desertificación	11
2.3.1. Causas de la desertificación	12
2.3.2. Efectos de la desertificación	15
2.4. Sobrepastoreo, degradación y recuperación de las tierras de pastoreo	17
2.5. Manejo de pastizales	26
2.6. Métodos de pastoreo	30
2.7. Evaluación de los pastizales	38
2.7.1. Indicadores del medio biológico	42
2.7.2. Indicadores del medio físico	45
3. MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.1. Ubicación y descripción geográfica	49
3.1.1. Ubicación del área	49
3.1.2. Descripción geográfica	50
3.2. Caracterización climática	52
3.2.1. Tipos y subtipos climáticos	53
3.2.2. Temperaturas	54
3.2.3. Período de crecimiento por balance hídrico	54
3.2.4. Índice auxégeno	56
3.3. Caracterización de la vegetación	56
3.3.1. Tipos vegetativos	56
3.4. Unidad de estudio	59
3.4.1. Manejo del los predios	61
3.5. Metodología utilizada	61
3.6. Parámetros medidos	63
3.6.1. Indicadores del medio biológico	63
3.6.2. Indicadores del medio físico	64

3.7.	Análisis de conjunto	65
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	66
4.1.	Indicadores del medio biológico	66
4.1.1.	Cobertura basal	66
4.1.2.	Cobertura aérea o del dosel	67
4.1.3.	Cobertura del suelo	68
4.1.4.	Diversidad florística	69
4.1.5.	Resiliencia o capacidad del ecosistema de restituirse	72
4.1.6.	Densidad	74
4.2.	Indicadores del medio físico	75
4.2.1.	Suelo desnudo	75
4.2.2.	Erosión del suelo	76
4.2.3.	Compactación del suelo	77
4.2.4.	Materia orgánica	79
4.3.	Análisis de conjunto	80
4.3.1.	Dinámica de comunidades	81
4.3.2.	Ciclo de agua	83
4.3.3.	Ciclo de los minerales	84
4.3.4.	Flujo de energía	85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1.	Conclusiones	89
5.2.	Recomendaciones	90
6.	BIBLIOGRAFÍA	92

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	ENCABEZADO	Página
1	Principales diferencias entre el pastoreo rotacional, pastoreo racional y pastoreo holístico planificado	37
2	Datos climatológicos de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. Lat. 22° 45'. Long. 103° 54' y altitud 1850 msnm. Clave 14-051. Periodo 1960-1980.	53
3	Cobertura de la superficie del suelo en % por transecto, según método de pastoreo.	67
4	Cobertura aérea en % por transecto, según método de pastoreo.	67
5	Composición florística en % por transecto, según método de pastoreo.	71
6	Clase de plantas en % por transectos, según método de pastoreo.	73
7	Forma de las plantas en % por transecto, según método de pastoreo.	73
8	Prueba de t para la distancia del dardo a la planta más cercanas (cm), entre el predio con pastoreo holístico y pastoreo tradicional.	75
9	Condición del la superficie del suelo en % por transecto, según método de pastoreo.	79
10	Superficie del suelo en % que presenta mantillo orgánico por transecto, según método de pastoreo.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	ENCABEZADO	PÁGINA
1.	Ciclo de la degradación del suelo que ilustra la importancia de la superficie del suelo en la continua espiral descendente de la condición del suelo. Adaptada de Whisenant (1999).	20
2.	Localización del rancho donde se realizó la investigación (a partir del mapa del anuario estadístico del estado de Zacatecas, 2000).	50
3.	Temperatura mínima, máxima y promedio mensual de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. para el periodo 1960 -1980. (Elaboración propia con datos del CECAL-INIFAP, 1990).	54
4.	Período de crecimiento por balance hídrico de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. (Elaboración propia con datos del CECAL-INIFAP, 1990).	55
5.	Mapa de vegetación y uso del suelo del Rancho Dolores, Valparaíso, Zacatecas.	57
6.	Predio rústico del rancho “Dolores” , Valparaíso, Zac.	60
7.	Cobertura basal por transecto, según método de pastoreo.	66
8.	Cobertura del suelo por transecto, según método de pastoreo.	68
9.	Diversidad florística por transecto, según método de pastoreo.	70
10.	Índice de distancia por transecto, según método de pastoreo.	74
11.	Suelo desnudo por transecto, según método de pastoreo.	76
12.	Superficie del suelo con evidencia de erosión por transecto, según método de pastoreo.	77
13.	Superficie del suelo que presenta costra madura por transecto, según método de pastoreo.	78

1. INTRODUCCIÓN

Entre la diversidad de usos potenciales de las tierras áridas y semiáridas del norte del país, la producción de ganado en pastoreo ocupa un lugar preponderante, ya que el agostadero natural es la fuente principal de alimentación para el ganado bovino, ovino, caprino y equino. La potencialidad de esta forma de producción está determinada por factores ambientales, en donde los climáticos, caracterizados por precipitación pluvial baja y errática son una limitante fuerte y confiere vulnerabilidad, por lo que la producción animal con frecuencia es baja y el paulatino deterioro del agostadero es una constante.

En estas tierras, la ganadería se inició pastando al lado de la fauna silvestre; con el tiempo, al reproducirse los hatos la competencia por el forraje aumentó, haciendo que la fauna decreciera y la que ha subsistido la empujó a vivir en áreas marginadas. La forma de producción de ganado en estas regiones fue el pastoreo trashumante, así el movimiento del ganado permitía la recuperación del ecosistema al no permanecer en el mismo lugar.

Al dejar de practicar el pastoreo trashumante surgió una mayor degradación de la vegetación por efecto del sobrepastoreo, es por eso que ahora los pastizales del semidesierto de México son menos productivos que en tiempos pasados.

Hoy en día la condición física y productiva de las áreas de pastoreo del norte árido y semiárido del país está entre el 25 y 50% de su capacidad potencial, debido principalmente al sobrepastoreo y manejo inadecuado de los recursos (Blanco, 1997). Se estima que se tiene un excedente de carga animal del 45% de la capacidad de los agostaderos naturales (FIRA, 1999).

El aprovechamiento continuo y de carácter extractivo que se ha venido haciendo en gran parte de las áreas de pastoreo en esta región impide su recuperación, ocasiona agotamiento y pérdida de los recursos naturales, genera desertificación y desequilibrio en el ecosistema y, en consecuencia, la capacidad productiva del agostadero ha disminuido considerablemente, repercutiendo en una menor producción animal.

En algunas extensiones, el proceso de desertificación se ha acentuado y de continuar con las mismas prácticas se considera que su recuperación se lograría a muy largo plazo, siempre y cuando mejoren las formas de utilización de los recursos. Sin embargo, se reconoce que algunos pastizales dañados no se recuperan sólo porque el manejo mejore, ni excluyéndolos del ganado, ya que estas áreas requieren de prácticas de revegetación las cuales implican fuertes inversiones, además de que su éxito es discutible.

La mayoría de los pastizales en las zonas áridas y semiáridas de México cada vez son menos productivos porque tienen dañados los procesos del ecosistema. Algunas áreas requieren mejorar las prácticas de manejo de pastoreo para incrementar la productividad, otras demandan estrategias de cosecha que mantengan las plantas saludables y

productivas. En cambio, en los pastizales ligeramente degradados urge el control de arbustivas, pero en los mas dañados la revegetación es necesaria.

Las áreas de pastoreo son importantes porque tienen un gran valor como fuente principal de alimento para el ganado y la fauna, como cuencas hidrológicas y hábitats de la fauna, además poseen valores recreativos y especies naturales de gran valor económico, social y ecológico.

La recuperación y conservación de estas áreas es valiosa como cuencas productivas para que sigan produciendo forraje para el ganado y la fauna y, a su vez, suministren agua para la agricultura, las ciudades y la industria y así contribuyan al desarrollo en general.

Por sus implicaciones económicas, ecológicas y sociales, la importancia de conservar en buen estado y mantener productivamente las tierras de pastoreo resulta indiscutible para el desarrollo de las zonas áridas y semiáridas y en particular para el estado de Zacatecas, en donde las tierras de pastoreo cubren el 72% de la superficie del estado.

1.1. Hipótesis

El pastoreo holístico contribuye a conservar y recuperar las áreas de pastoreo degradadas.

1.2. Objetivo

Demostrar que el pastoreo holístico puede ser una medio eficaz para conservar y recuperar las áreas de pastoreo degradadas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La actividad ganadera en el desarrollo rural

En el documento de creación de la maestría de la Dirección de Centros Regionales (1990), se dice que “el desarrollo rural regional tiene que ver con el conjunto de la vida social de una comunidad campesina o de los grupos asentados en una región e implica procesos sociales encaminados a alcanzar mejoras sustanciales, tanto en su economía como en sus niveles de bienestar a través de una distribución más equilibrada de los recursos básicos...”.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el desarrollo rural se ocupa de mejorar las condiciones de vida y de trabajo de las personas que viven en las zonas rurales agrupadas en unidades familiares de producción y consumo, ya sean agrícolas o no y, por lo tanto, de todas las instituciones y acciones que afectan de manera directa al nivel de vida de dichas personas (FAO, s/f(a)).

Para Mata y Villanueva (2001), el desarrollo rural “es un proceso en construcción permanente y que integra un conjunto de factores y necesidades diversas en función de los sectores que conforman la sociedad rural. Los factores se refieren a lo ecológico, lo económico, lo social, lo cultural y lo político; y en cuanto a las necesidades, se consideran los problemas que se enfrentan en los sistemas de producción, ...”

En estas definiciones es innegable la contribución positiva de la ganadería al desarrollo rural. No obstante, la aportación de la agricultura al desarrollo económico y social no ha recibido el debido reconocimiento. La FAO (2000) considera que la agricultura es una fuente activa del progreso, porque los agricultores son agentes económicos con capacidad de respuesta para aumentar su productividad. De esta forma la agricultura puede ser un vía hacia el crecimiento de cualquier país, en donde es importante que los programas de desarrollo agrícola estén integrados con los planes de desarrollo económico general.

Del mismo modo, afirma que la ganadería es una actividad que brinda oportunidades de empleo y acceso a los alimentos. Para la mayoría de las personas que viven en las zonas rurales, el empleo e ingreso adicional derivado de la producción de alimentos básicos ha sido -y continuará siendo- la clave para conseguir mayor acceso a los alimentos. Si bien es preciso garantizar la disponibilidad de éstos, es igualmente importante que los consumidores tengan acceso a una alimentación inocua, variada y nutricionalmente equilibrada que les garantice una vida activa y sana.

Para Delgado *et al.* (2000) existe suficiente evidencia de que la agricultura campesina logra un porcentaje importante de sus ingresos a partir de la ganadería. Esta actividad les proporciona a los campesinos fertilizante y fuerza de tracción y la oportunidad de trabajar áreas comunes de pastoreo, conseguir ingresos colaterales, hacer economías y diversificar sus ingresos.

Cada día se adquiere mayor interés y aumenta la preocupación por los efectos de la ganadería sobre el medio ambiente. Los sistemas de producción de agricultura mixta que se basan en un balance apropiado entre la producción de cultivos y la intensificación de la ganadería contribuyen a la sustentabilidad del medio ambiente. Sin embargo, en la actualidad con frecuencia se argumenta que en las tierras áridas los costos ambientales del pastoreo pesan más que los módicos beneficios económicos que se obtienen (Hutchinson, s/f).

Es evidente que la población en extrema pobreza tiende a concentrarse en las zonas rurales, característica que se mantiene con pertinencia. Por tanto, todo esfuerzo para aliviar ese flagelo deberá necesariamente comenzar por el desarrollo agrícola y rural. La FAO (2000) considera que si bien el proceso de modernización agrícola ha permitido importantes progresos en la producción agrícola en general, también ha tenido efectos muy asimétricos en las sociedades rurales y en los niveles de ingresos y productividad de los pequeños agricultores tradicionales en comparación con los que se dedican a la agricultura industrial. De continuar este proceso, podrían producirse efectos económicos y sociales negativos en los campesinos y en las sociedades rurales; acelerando la migración rural e incrementando los efectos negativos de una rápida urbanización.

Además, expresa que las estrategias de desarrollo rural a implementar deben hacer hincapié en la producción de alimentos básicos por seguridad alimentaria y nutricional, aparte de que ha demostrado ser un método eficaz en función de los costos para ofrecer a los campesinos acceso a mejor alimentación.

2.2. La importancia del ganado y las tierras de pastoreo

La importancia básica del ganado, particularmente de los rumiantes, para la humanidad consiste en que estos animales obtienen su alimento de los forrajes fibrosos que el hombre no puede consumir o utilizar directamente. Se estima que aproximadamente el 50% de la superficie terrestre es incapaz de producir otra cosa que no sea forraje fibroso y prácticamente estas tierras serían de poca utilidad al hombre sin los rumiantes (Williarns et al., 1968; Huss, 1993).

Además los animales proveen alimentos como la carne y la leche que contienen muchos de los nutrientes que necesitan los humanos. También suministran cueros y pieles que se procesan para la fabricación de zapatos, ropas, muebles y otros productos, así como la lana que se usa para la fabricación de telas y prendas de vestir.

La producción de ganado en pastoreo es importante por la cantidad de empleo que genera. De acuerdo a estimaciones de Huss (1993) en América Latina y el Caribe el 17% de la población total y el 50% de la población económicamente activa está empleada, al menos parcialmente, por el sector ganadero.

Huss (1993) refiere que la actividad ganadera también se valora por la seguridad y estabilidad que concede a las unidades de producción. Para muchos agricultores, particularmente para aquellos que poseen predios pequeños y marginales, el ganado significa un ahorro, que se usa durante las emergencias familiares, o cuando fracasan los cultivos creando crisis de alimentos y de ingresos. Explica que el ganado es valioso como fuente de energía y combustible ya que, en algunas regiones utilizan a los bueyes

como animales de tiro en equipo agrícola, carretas y carretones; del estiércol se puede obtener biogas, que se utiliza para producir energía mecánica y eléctrica, calor y luz. Asimismo, el estiércol seco se usa como combustible en regiones en vías de desarrollo como África y el Medio Oriente.

Igualmente, el ganado se aprecia por los subproductos que genera, como el estiércol que es un fertilizante barato y bueno porque mejora las condiciones y el contenido de nutrientes del suelo, además de que se produce en cantidad significativa. Se sabe que la cantidad de deyecciones sólidas y líquidas obtenidas en un día de una cabeza de ganado bovino adulto es de 20 a 30 Kg, con un 70% de humedad y de 10 a 15 Kg, respectivamente (Cruz, 1986).

La Sociedad para el Manejo de los Pastizales (SRM, por sus siglas en inglés) define a las tierras de pastoreo como “tierras en que la vegetación nativa está constituida predominantemente por pastos, plantas con aspecto de pastos, malezas o arbustos. Incluyen tierras natural o artificialmente replantadas cuando el manejo rutinario de dicha vegetación se lleva a cabo principalmente a través de la manipulación del pastoreo” (SRM, 1989).

Existe muchos tipos de tierras de pastoreo, pero todas presentan dos características comunes: a) el tipo de vegetación que producen, sólo los animales la pueden consumir y convertir en productos beneficiosos para el hombre y b) no son aptas para el cultivo agrícola sustentable y son incapaces de sustentar bosques arborescentes.

No obstante, muchos bosques pueden ser utilizados para el pastoreo sin causar daño a los árboles dentro del concepto de uso múltiple con el propósito de utilizar sus recursos para más de un producto. Ramachandran (1997) refiere que el sistema silvopastoril es una forma de pastorear ganado en las áreas forestales muy común en Norteamérica, Australia y Nueva Zelanda.

Como fuente de alimento, las tierras de pastoreo tienen enorme importancia en todo el mundo. En el Cercano Oriente, proporcionan el 90% de los nutrientes que consumen los animales domésticos. En África, es probable que el ganado obtenga el 100% de sus requerimientos de los forrajes naturales. En América Latina y el Caribe más del 90% de los nutrientes consumidos proviene de las tierras de pastoreo y en algunos lugares alcanza el 100%. Es evidente que sin el alimento barato proporcionado por las tierras de pastoreo se dispondría de cantidades muy pequeñas de carne, leche, cuero, lana y otras fibras para el uso de la población (Huss, 1993).

En América Latina y el Caribe, el 50% de la superficie son tierras de pastoreo, en México, según estimaciones de la Comisión Técnica para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) (1984) existen 125 millones de hectáreas de pastizales, lo que representa el 62% de la superficie nacional. De esta superficie, el 73.6% se ubica en la región árida y semiárida. La vegetación que predomina en los agostaderos es de tipo matorral y pastizales nativos, en conjunto cubren 94.62 millones de hectáreas, lo que significa el 75.7% de la superficie (CONAZA, 1994). En Zacatecas las tierras de pastoreo cubren mas de 72% del territorio estatal.

Como cuenca hidrográfica, los pastizales son muy importantes por la cuantiosa cantidad de agua que retienen, debido a las enormes extensiones en donde reciben la precipitación pluvial. Huss (1993) considera que un metro cuadrado de tierra de pastoreo rinde un litro de agua por cada milímetro de lluvia y supone que el 15% de esta agua se escurre o se infiltra hacia un acuífero. Sin embargo, en su opinión no se tiene conciencia o no se aprecian estos aportes, por consiguiente, las tierras de pastoreo, como cuencas, merecen mayor atención de la que están recibiendo. En los agostaderos bien manejados se pueden tener cuencas productivas que suministren agua para la agricultura, la ciudad y la industria. Asimismo, considera que los pastizales son valiosos porque son el hábitat para la fauna silvestre y los organismos del suelo, ya que en ella se desarrolla una amplia variedad de especies silvestres: rumiantes, aves, reptiles, roedores, peces y otras como bacterias, hongos y ascomicetos que constituyen la microflora fundamental para los procesos de mineralización de la materia orgánica. La vida silvestre es de valor para el turismo, la caza, la pesca y la alimentación. Con frecuencia su valor económico es mayor que el del ganado doméstico. En la actualidad se está prestando mayor atención a la conservación de la vida silvestre que en el pasado.

Las áreas con pastos y arbustos de las zonas semiáridas contienen en su flora especies naturales de gran valor económico y social, tales como: lechuguilla, *Agave lecheguilla* Torr, gobernadora, *Larrea tridentata*, palma china, *Yuca filifera*; guayule, *Parthenium incanum* (HBK); jojoba, *Simondsia chinensis*; nopales, *Opuntia* spp.; maguey, *Agave octovirens*; sotol, *Dasyilirion cendrosanum*; mezquite, *Prosopis juliflora*; huizache, *Acacia farnesiana* L.; engorda cabra, *Dalea tuberculata*; costilla de vaca, *Atriplex canescens*; pinos, *Pinus* spp; encinos, *Quercus* spp.; y zacates; navajita, *Bouteloua*

gracilis, banderita, *B. curtipendula*, búfalo, *Buchloe dactyloides*, gigante, *Leptochloa dubia*, tres barbas, *Aristida* spp., flechilla, *Stipa comata* y borreguero, *Tridens pulchellus*, los cuales son importantes en la economía campesina. Además existen yacimientos de minerales, material para construcción y fertilizantes. En algunos países en desarrollo, estas tierras son importantes porque proveen leña para combustible y madera para construcción (Williams *et al.*, 1968).

En opinión de Huss (1993), las tierras de pastoreo constituyen un recurso natural renovable, porque tienen una gran capacidad para recuperarse cuando se les da la oportunidad y cuando se manejadas adecuadamente continúan siendo productivas y ambientalmente estables para siempre. Sin embargo, en América Latina y el Caribe el abuso es frecuente y no se le da la oportunidad de renovarse íntegramente como son capaces de hacerlo. En consecuencia, el proceso de desertificación está generalizado y los pastizales están produciendo sólo a una fracción de su potencial. El mismo autor manifiesta que el abuso está ampliamente difundido y continúa, lo que impide la renovación de las tierras de pastoreo y a su vez favorece una baja producción animal. Sin embargo, el abuso debe terminar para que el hombre continúe viviendo de estas tierras sobre una base sostenida. Por tanto, el uso y manejo sustentable debe convertirse en la regla y no ser la excepción.

2.3. La desertificación

La FAO (1993) define a la desertificación como un “conjunto de factores geológicos, climáticos, biológicos y humanos que provocan la degradación de la calidad física,

química y biológica de los suelos de las zonas áridas y semiáridas poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas”.

Koohafkan (1996) opina que la desertificación es un fenómeno mundial que afecta a dos terceras partes de los países del mundo, y una tercera parte de la superficie de la tierra, en la cual vive el 20% de la población mundial. Asimismo, considera que no sólo ocurre en los desiertos naturales, también puede tener lugar en la tierra que es susceptible a los procesos de desertificación. Además, la magnitud de la desertificación no se conoce con precisión por la complejidad de sus causas y la diversidad de sus efectos. Las estimaciones de las áreas afectadas o amenazadas por la desertificación es una cuestión de controversia debido a la misma complejidad y diversidad de la desertificación, y también a las nociones diferentes de irreversibilidad.

2.3.1. Causas de la desertificación

Para la FAO (1997) son varios los factores que contribuyen en la degradación de los recursos naturales en las zonas secas tales como las variaciones climáticas, uso indebido de la tierra, prácticas agrícolas inadecuadas, aumento de la densidad demográfica, presiones económicas y cambios en las estructuras de las tenencias de la tierra.

También expresa que la variación climática “per se”, no causa la desertificación pero la acelera, especialmente cuando el hombre continúa aplicando sistemas de utilización de tierras que son soportables únicamente con pluviosidad media o superior a la media. En consecuencia, el proceso de desertificación se acelera cuando no se establecen planes para los años malos ni se modifica el uso de la tierra.

De acuerdo a la FAO (1993), la vulnerabilidad de un suelo a la desertificación depende del clima, del relieve, del estado del suelo y de la vegetación natural. El clima, principalmente la pluviometría, la radiación solar y el viento inciden en los fenómenos de erosión física y mecánica y de degradación química y biológica. Sin embargo, la causa fundamental de la desertificación es el uso de la tierra más allá de sus capacidades y no existe clima que esté exento del proceso de desertificación. Igualmente, considera que el hombre ha causado y está causando la desertificación, porque las actividades humanas son la principal causa del comienzo de un proceso de desertificación en una zona vulnerable. Las actividades humanas son muy distintas y varían según el país, el tipo de sociedad, la estrategia de aprovechamiento de la tierra y las tecnologías empleadas. Además, el impacto ocasionado por las sociedades humanas no depende exclusivamente de su densidad.

Entre las actividades humanas que desencadenan un proceso de desertificación cabe señalar, según la FAO (1993): 1) el cultivo de suelos frágiles o expuestos a fenómenos de erosión hídrica y/o eólica; 2) la reducción del tiempo de barbecho de las tierras cultivadas y la falta de fertilizantes orgánicos y minerales; 3) el sobrepastoreo de plantas herbáceas y leñosas (a menudo selectivo); 4) la explotación excesiva de los recursos madereros, en particular, la leña; 5) el uso descontrolado del fuego para la regeneración de los pastos, la caza, los desmontes con fines agrícolas y la resolución de ciertos conflictos sociales; 6) las técnicas de cultivo que destruyen la estructura del suelo y en particular el sobreuso de maquinaria agrícola; 7) las prácticas agrícolas exportadoras netas de riqueza química, sobre todo los cultivos comerciales; 8) el desvío del curso de

los ríos para levantar diques de riego y 9) el riego de los suelos cuya textura favorece la salinización o la alcalinización, o incluso el anegamiento.

Esta misma institución señala que todas estas actividades son el resultado de dos categorías de factores muy distintos: la pobreza y el subdesarrollo, a las que se refieren las primeras cinco actividades mencionadas, y el desarrollo de tipo moderno que no tiene suficientemente en cuenta el impacto de las tecnologías utilizadas en la sostenibilidad de los suelos; a ellas se refieren las otras cuatro.

Para Huss (1993), la incorporación al cultivo de tierras de pastoreo y, en algunos casos, de tierras forestales es una causa de desertificación. Además, con frecuencia, estas tierras son incapaces de sustentar los cultivos por diversas razones. En algunos casos, la incorporación de tierras al cultivo se asocia a la presión demográfica, la cual puede ser también una causa de desertificación, porque la población al no tener otra alternativa recurre a estas tierras para producir sus cultivos alimenticios y después de unos pocos años estas tierras son abandonadas debido al colapso de la estructura del suelo y de la infertilidad que deja la tierra desertificada. El mismo investigador, refiere que el incorporar los sitios más productivos del pastizal al cultivo también contribuye al sobrepastoreo porque el área de pastoreo y la capacidad de agostadero se reduce, mientras que la población ganadera se incrementa. De igual forma, considera que la deforestación es otra causa sobre todo cuando se hace con fines de expandir los cultivos y la producción ganadera para satisfacer la creciente demanda de una población en continuo aumento, ya que el pastoreo de ganado le hace muy poco daño a los bosques maduros, no obstante puede interferir con la reforestación natural.

También dice que el pastoreo continuo es una causa de la desertificación. Pero para que las tierras de pastoreo se desertifiquen a causa del sobre-pastoreo se necesita mucho tiempo. Esto lo evidencian los pastizales en el Cercano y Medio Oriente que tienen la historia más larga de pastoreo por ganado doméstico en el mundo y durante los últimos 50 años o más han sido intensamente sobre-pastoreadas y aún así, muchas de ellas, no han alcanzado la etapa de desertificación.

La recolección de combustible contribuye a la desertificación sobre todo cuando es enorme la cantidad de árboles y arbustos que se arrancan o cortan para ser utilizados como combustible o para madera.

2.3.2. Efectos de la desertificación

Para la FAO (1993), las consecuencias de la desertificación dependen sin duda alguna de cuatro factores que varían según la región, el país y el año: 1) la gravedad de la degradación y su extensión; 2) la severidad de las condiciones climáticas del momento, especialmente la pluviometría anual; 3) la presión demográfica y la situación económica de las poblaciones afectadas y 4) el nivel de desarrollo del país en cuestión y la calidad de las medidas preventivas que establezca. Asimismo, refiere que cuanto más subdesarrollado sea el país y más pobre su población, más graves serán las consecuencias de los efectos de la desertificación. Cuanto más difíciles sean las condiciones naturales, particularmente las climáticas, más crítica será la situación.

A nivel local y nacional las consecuencias de la desertificación son graves por el empobrecimiento del potencial natural de los ecosistemas y la disminución de los

rendimientos agrícolas. Así se afecta la seguridad de comida de las personas que viven en las áreas afectadas. La población que intenta sobrevivir al proceso de desertificación desarrolla estrategias de supervivencia; primero intensifica la explotación ya excesiva de los recursos naturales más accesibles; enseguida acaba con todo lo que posee; y luego se incrementa rápidamente la emigración rural por temporadas o durante varios años en busca de trabajo a otras regiones. Estas estrategias de supervivencia suelen conducir a la ruptura de la comunidad y a veces de la familia (FAO, 1993).

La desertificación, a su vez, debilita las economías de los países en desarrollo, particularmente cuando ellos no tienen ninguna otra actividad mas que su agricultura.

En opinión de Koohafkan (1996), a nivel global las consecuencias de la desertificación cada vez adquieren mas relevancia, por su influencia en el intercambio del carbono, ya que la destrucción de la vegetación influye en el ciclo del carbono y conduce al efecto invernadero como resultado de la reducción del carbono. Otra consecuencia es la reducción en la biodiversidad, ya que contribuye a la destrucción del hábitat de animales, vegetales y microorganismos. También alienta la erosión genética del ganado local y variedades de plantas y especies que viven en los ecosistemas frágiles. Además, la desertificación reduce las reservas de agua dulce del mundo y tiene un impacto directo en las proporciones de flujo de río y el nivel de infiltración. También, la desertificación lleva a una explotación acelerada de las reservas de agua subterráneas y su vaciamiento gradual.

2.4. Sobrepastoreo, degradación y recuperación de las tierras de pastoreo

El sobrepastoreo está entre las actividades que desencadenan un proceso de desertificación. Por sobrepastoreo se entiende cualquier pastoreo que se lleva a cabo en hojas que crecieron de la energía almacenada en las raíces, más que de energía obtenida directamente de la luz solar. Esto le sucede a las plantas cuando los animales permanecen en el mismo sitio durante un periodo prolongado o regresan demasiado pronto. Esta forma de pastoreo reduce el vigor de las plantas y, si se repite mata plantas de ciertas especies (Butterfield, 1996).

Bajo este concepto es pertinente señalar que el sobrepastoreo no es producto del pastoreo de muchos animales (Savory, 2000). Igualmente es erróneo afirmar que el pastoreo lo causan los animales. El ganado no destruye el ambiente, quien lo hace es el hombre a través del desconocimiento, indiferencia o políticas públicas que promueven el uso inadecuado de los recursos (FAO, s/f(b)).

Para Savory (1988) el sobrepastoreo ocurre cuando la planta es pastoreada severamente por el ganado durante el periodo de crecimiento, y vuelve a ser consumida antes de que se recupere del primer pastoreo. Esto sucede cuando las plantas se exponen a un largo periodo de pastoreo, o porque el animal regresa al mismo potrero antes de que se logre la recuperación de la planta. El segundo pastoreo tienen consecuencias graves en la planta debido a la forma que ésta usa y guarda la energía.

White (1973) describe que al final de la temporada de crecimiento, la mayoría de los zacates perennes transfieren la energía y proteína de las hojas y tallos a la base de los

tallos y raíces. Esta reserva se conserva durante el periodo de dormancia para soportar el nuevo crecimiento de la siguiente temporada. Por lo tanto, si la planta es pastoreada en la temporada de desarrollo vegetativo, cuando las reservas han sido utilizadas por el primer crecimiento, la planta adquiere la energía requerida exclusivamente de las raíces, lo cual va en demérito de que la planta produzca más hojas y un número considerable de raíces se sacrifiquen. Por eso, un segundo pastoreo antes de que se recuperen las raíces, perjudica su desarrollo, ya que si no se recuperan, la planta sacrifica la parte aérea, hasta el punto de que la planta muere si esto se repite por un período de varios años sucesivos (Savory, 1988).

Huss (1993) refiere que el sobrepastoreo, producto de periodos de pastoreo y de recuperación inadecuados, asociado a tasas de ocupación excesivas y malos sistemas de manejo dan como resultado un pastoreo destructivo y constituyen una de las causas más importantes de la desertificación de las tierras de pastoreo. También es causa del bajo rendimiento del ganado y es menos común en las tierras privadas que en las tierras de pastoreo públicas o comunitarias donde falta un control central. Para este investigador el proceso de desertificación se acelera cuando se mantienen estas prácticas durante las sequías y durante ciertas temporadas cuando las plantas son altamente vulnerables al abuso. Aunque toma mucho tiempo, eventualmente las tierras de pastoreo quedarán desertificadas.

Savory (2000) describe que el sobrepastoreo reduce el mantillo, la cubierta vegetal, las raíces y dirige al agostadero hacia una sucesión negativa, con el consecuente incremento de suelo desnudo por la desaparición de plantas de calidad y aparición de plantas y

animales indeseables. Este proceso conduce a la degradación de los pastizales y considera que la condición de la superficie del suelo es un elemento importante en la conservación de los agostaderos.

De igual forma, Whisenant (1999) opina que existen otras vías que conducen al deterioro del agostadero; sin embargo, el sobrepastoreo es la más común. Refiere que la condición de la superficie del suelo es el factor causal más extendido en la degradación de la mayoría de los pastizales, porque la superficie del suelo proporciona la perspicacia en la estabilidad del suelo (la habilidad de resistir las fuerzas erosivas), el funcionamiento hidrológico (la infiltración y escurrimiento), el ciclo de nutrientes, y los procesos biológicos relacionados con la captura de energía. En la Figura 1, este autor esquematiza cómo se desarrolla el proceso de degradación. Muestra como los procesos hidrológicos dañados en los pastizales degradados impiden la recuperación reduciendo la cantidad de agua que entra en el suelo. Las plantas en estos suelos pueden recibir el beneficio de sólo 10% a 50% de la precipitación que cae en el agostadero. Así, las plantas en un clima de 500 mm por año pueden producir como las plantas en un clima de 50 mm a 250 mm.

El esquema destaca el descenso del funcionamiento del ciclo hidrológico y mineral, debido a que la capa de la superficie del suelo se expone y la producción del mantillo se restringe, como resultado, la estructura del suelo, porosidad y contenido de materia orgánica se deterioran. Además, el flujo de energía disminuye, porque se afecta el sistema radicular y la superficie de las plantas que se expone al sol.

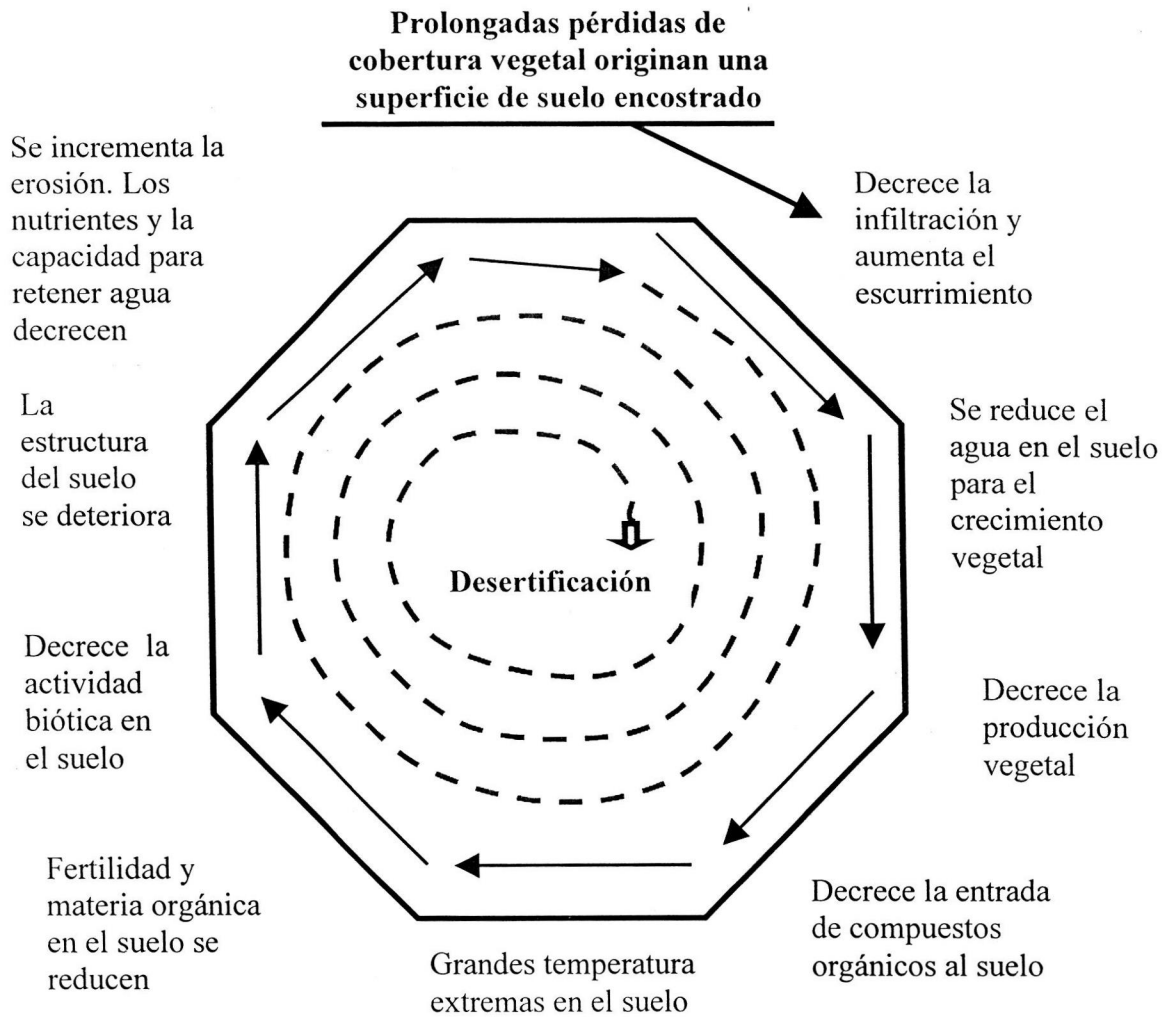


Figura 1. Ciclo de la degradación del suelo que ilustra la importancia de la superficie del suelo en la continua espiral descendente de la condición del suelo. Adaptada de Whisenant (1999).

La condición de la superficie del suelo afecta y refleja los procesos esenciales del ecosistema. Por tanto, ésta debe ser un elemento prioritario a considerar cuando se diseñan estrategias para reparar el proceso disfuncional y capturar los recursos adicionales

A continuación se describen algunas acciones a considerar en la recuperación de los agostaderos naturales.

Whisenant (1999) expresa que para mejorar los pastizales donde dominan especies de planta persistentes y productivas solo se requieren estrategias de pastoreo que mantengan las plantas saludables y productivas; mientras que en pastizales ligeramente degradados el manejo de arbustivas es importante, pero en pastizales mas dañados la revegetación es necesaria. Este autor refiere que en el sur de Texas en los últimos 20 años, los ecólogos han reconocido que algunos pastizales dañados no se recuperan, sólo porque el manejo mejore. Es improbable mejorar significativamente los ecosistemas muy degradados, ni siquiera excluyendo completamente al ganado se asegura la recuperación. Para estos casos es necesaria la revegetación, previa valoración de los costos y el riesgo que restringe su uso.

Cuando un pastizal está en condición baja pero no está dominado por arbustos, Wayne y Archer (1998) refieren que el manejo adecuado del pastoreo permite que las especies de pastos más deseables se restablezcan por sí mismos con subsecuentes mejoras en la condición del pastizal. Para lograrlo son fundamentales dos principios de manejo del pastizal; estos son la tasa de intensidad de uso y los períodos de descanso. Cuando se aplican adecuadamente, las plantas más productivas del pastizal alcanzan la madurez para reproducirse y esparcirse, lo cual permite eliminar la vegetación menos deseable.

Con un buen manejo es posible alcanzar pronto mejoras en la condición del pastizal, dependiendo de factores tales como una adecuada fuente de semilla y una precipitación

favorable. Por tanto, mantener los agostaderos en buena condición es importante, porque a mejor condición mayor y mejor forraje, además de que mejoran el suelo, las plantas, el ganado y las utilidades económicas, ya que la producción de carne depende de la buena producción de forraje de los agostaderos (Ibarra y Martín, 1987).

Para Savory (2000), si bien hay muchos factores involucrados en la pérdida de biodiversidad y desertificación, una necesidad apremiante es conservar la cobertura del suelo en los pastizales en ambientes frágiles que sirve para la captación de agua.

Ibarra y Martín (1987) describen que la cubierta del suelo es importante porque el follaje de las plantas en el agostadero protegen al suelo de la pérdida por la lluvia y el viento, las gotas de lluvia que caen sobre la vegetación no golpean fuerte al suelo. Las plantas en el agostadero reducen la velocidad del viento al nivel del suelo con lo que lo retienen y protegen, además los suelos con buena cubierta vegetal tienden a aprovechar más el agua de lluvia, debido a que las plantas no le permiten al agua correr fácilmente. En cambio, las gotas de lluvia que caen al suelo desnudo, chocan con tanta fuerza que compactan la superficie del mismo y en los suelos con escasa cubierta vegetal, el agua escurre formando arroyos y acarreando grandes cantidades de suelo y materia orgánica.

Savory (1996a) considera que la Administración Holística de los Recursos (AHR) ha demostrado ser una alternativa viable para mejorar y conservar los agostaderos a través del pastoreo planificado. Opina que para revertir los agostaderos degradados, entre otras cosas, se deben evitar las prácticas que lo originan, como son el sobrepastoreo, el descanso parcial y el fuego.

El pastoreo, el descanso, el fuego y el impacto animal son algunas de las herramientas del Modelo de AHR que se aplican para alcanzar una meta, la cual siempre toma en cuenta el estado y futuro de los recursos naturales. Halpin (1996) define a la Administración Holística como un enfoque totalmente nuevo que está ayudando a muchas personas, en lo individual, como familia, como empresa, o a comunidades enteras, ya sea urbanas o rurales a mejorar su calidad de vida y a generarles verdadera riqueza, a la vez que se recupera el medio ambiente y se incrementa la biodiversidad.

Vanderburg y Halpin (1996) refieren que cuando el pastoreo es administrado correctamente, puede ser una herramienta efectiva para estimular el crecimiento de nuevas plantas jóvenes. Por el contrario, cuando no se maneja adecuadamente, puede ser muy destructivo porque favorece el sobrepastoreo, con lo cual, el pastizal se deteriora y llega a ser improductivo.

El sobrepastoreo provoca ganado desnutrido, a menos que se saque del potrero la mayoría del ganado o se suministre comida adicional. Si persiste, mata gran cantidad de plantas forrajeras, reduce la producción de becerros, disminuye pesos al destete y las ganancias de peso; incrementa los gastos de suplementación y pone al ganado generalmente en condición pobre; se presentan problemas nutricionales y problemas con plantas tóxicas, y por tanto ocasiona la muerte de animales (Ibarra y Martín 1987).

El uso de fuego para la quema de agostaderos plantea la disyuntiva de que si bien ayuda a eliminar partes viejas de la vegetación, también produce una serie de efectos colaterales, mismos que se deben considerar al momento de decidir sobre su uso. Savory

(1988) refiere que el uso del fuego expone al suelo a la intemperie, con lo cual aumenta el impacto de la lluvia y sella los poros del suelo, aumenta el escurrimiento del agua y la evaporación de la humedad del suelo, también reduce el ciclo de nutrientes y aumenta la pérdida de suelo por acción del viento y del agua.

Vanderburg y Halpin (1996) expresan que el descanso en un ambiente con distribución errática de la humedad ambiental es perjudicial, porque ocasiona pérdidas serias en biodiversidad, incrementa la erosión del suelo, y aumenta las sequías e inundaciones. Ramírez y Martín (1989) describen que el no pastorear las plantas del agostadero es tan malo como el sobrepastoreo, ya que el no pastorear permite que las plantas acumulen material, el cual se hace viejo y fibroso a través del tiempo, causando deterioro de la planta y en la condición del agostadero. Cuando no existe pastoreo, las plantas y raíces se debilitan, y no se desarrollan al no existir competencia, pues el zacate de temporadas anteriores al no ser removido e incorporado al suelo impide el crecimiento nuevo y así da lugar a que las plantas y sus raíces mueran antes de completar su ciclo de vida.

El impacto animal desempeña un papel fundamental en la recuperación de los agostaderos. Consiste en todo lo que los animales herbívoros hacen además de pastorear y ramonear; las acciones pueden ser controladas y utilizadas por el hombre como una herramienta para restaurar un ambiente deteriorado (Vanderburg y Halpin, 1996). Los beneficios que se obtienen cuando se aplica esta herramienta, según Ramírez y Martín (1989) son: 1) ayuda y mejora la penetración del agua; 2) rompe la superficie del suelo, aumentando la porosidad; 3) rompe, descompone e incorpora las heces y material vegetal en el suelo; 4) mejora la aereación del suelo; 5) incrementa el número de plantas;

6) incrementa el volumen del sistema radicular en las plantas; 7) acelera la utilización de nutrientes en el suelo y 8) estimula el crecimiento de plantas (rebrote).

El impacto animal influye en el aprovechamiento del agua. Al respecto, los anteriores investigadores describen que el pisoteo de los animales provoca el rompimiento de la capa superficial del suelo, con la pezuña de éstos se forman pequeñas pozas en el suelo de forma irregular que ayudan a una mayor captación y disponibilidad de la humedad; al mismo tiempo mejora la penetración del agua, con lo cual se incrementan las posibilidades de establecimiento de plantas. Como resultado de todo esto se mejora la condición del agostadero (aumenta el número de plantas/ha y la cobertura) provocando una disminución en la evaporación del agua del suelo y una reducción de la erosión; además se previene el endurecimiento del suelo y se mejora su aereación.

Montagne y Orchard (s/f), entre 1991 y 1993, evaluaron 43 ranchos ubicados en Montana, Wyoming e Idaho en los EE.UU. Los ranchos tenían dos o más años utilizando la Administración Holística. Los resultados son: el 85% de los rancheros observaron un incremento en la diversidad florística y en la presencia de plántulas, con lo cual se favorece la sucesión vegetal; el 87% manifestó que la cubierta de mantillo aumentó, beneficiando al ciclo de los minerales; el 82% informó que la infiltración del agua en la tierra aumentó; el 68% observó que la erosión disminuyó; el 69% manifestó que la costra en la superficie disminuyó, aspectos que contribuyen a mejorar el ciclo del agua, y el 37% manifestó que el espacio entre las plantas disminuyó a favor de un mejor flujo de energía.

De acuerdo a Whisenant (1999), la recuperación natural puede darse mediante prácticas, las cuales consisten en aumentar la aspereza de la superficie del suelo con hoyos, surcos en contorno, terrazas, rasgando o cincelando y/o agregando obstrucciones sobre el suelo como leños, piedras, hierba tirada, o acciones hechas por el hombre para controlar la erosión. Así, los recursos capturados por los tratamientos de la superficie de la tierra ayudan a establecer la vegetación, incrementar la materia orgánica en el suelo, aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes, y mejorar la estructura del suelo.

Por tanto, las estrategias de mejoramiento del suelo debe dirigirse hacia la meta eventual de retener y usar el agua dónde se queda. El único método sustentable para lograrlo es reducir la cantidad de suelo desnudo estableciendo una cubierta vegetal.

2.5. Manejo de pastizales

Huss (1993) considera que para comprender la desertificación en las tierras de pastoreo, su control y su reversión, es necesario tener algún conocimiento de ciertos fenómenos y principios fisiológicos, ecológicos y ambientales de las plantas. Más aún, para comprender el rol del ganado doméstico en el control de la desertificación también es necesario saber que el ganado puede ser manipulado con el fin de obtener un efecto deseado tanto para los animales como para el medio ambiente y, para lograrlo, existen maneras y medios dentro del manejo de pastizales.

De acuerdo a Heady y Chid (1994), el manejo de pastizales “es una disciplina y un arte que hábilmente aplica un cuerpo organizado de conocimiento acumulados por la ciencia del pastizal y la experiencia práctica para dos propósitos: (1) protección, mejora, y el

bienestar continuado de los recursos básicos que en muchas situaciones incluyen suelo, vegetación, plantas y animales en peligro, desiertos, agua y sitios históricos; y (2) la producción óptima de bienes y servicios en combinación con las necesidades de la sociedad”. Estos autores señalan que el manejo de pastizales requiere de técnicas alternativas para la producción óptima de bienes y servicios sin el daño del recurso. Hacen énfasis en los efectos y manejo de los animales domésticos y consideran que la meta predominante es la rehabilitación del recurso pastizal, protección, y manejo por objetivos múltiples que incluye diversidad biológica, preservación, y el desarrollo sustentable para las personas.

De acuerdo a Huss (1993), el manejo científico de los pastizales se basa en la premisa de que los pastizales pueden ser mejorados y pastoreados a perpetuidad por el ganado doméstico. Para lograrlo, el ganadero debe planificar la utilización del agostadero y procurar que los animales conviertan eficientemente el forraje en productos aptos para el consumo humano, sobre una base sostenible que considere conjuntamente la recuperación del pasto y la crianza de los animales. Además, expresa que la intensidad de defoliación entendida como la cantidad de la producción de forraje del año, medida en peso, que corta el hombre o consume el ganado es fundamental para lograr la máxima producción ganadera y al mismo tiempo asegurar la existencia de plantas sanas y productivas, porque la productividad de las plantas depende de la intensidad, frecuencia y temporada de defoliación. El mismo autor manifiesta que la intensidad de defoliación para la mayoría de las especies es de alrededor de 50 a 60%, aunque algunas especies pueden soportar grados más intensivos de uso. Sin embargo, la regla para los técnicos en manejo de pastizales, es de que la mitad de la producción del año puede ser consumida o

destruida por los animales y que se debe dejar la otra mitad para las plantas con el fin de que se alimenten y mantengan.

Otro factor a considerar en el manejo de pastizales es la frecuencia de la defoliación, la cual se refiere al intervalo entre intensidades de defoliación. Por lo general, los daños a las plantas aumentan al incrementarse la frecuencia de la defoliación. La defoliación excesiva durante varios meses es dañina, aunque puede no ser destructiva si es seguida por un periodo de uso adecuado y descanso. En el caso de años es semejante. Sin embargo, la defoliación excesiva año tras año es la que causa la destrucción de la vegetación perenne (Huss, 1993).

Con base en estos razonamientos se han diseñado algunos sistemas de pastoreo con el objeto de reducir la frecuencia de defoliación en términos de meses y años.

Huss (1993) considera que el momento más crítico en el ciclo de crecimiento de una planta perenne, es el período en que emerge de la inactividad. La defoliación continua y excesiva durante este período produce daños graves a la salud de la planta y su nutrición, reduciendo así la productividad del año en curso. Si este tipo de utilización continúa en años sucesivos la planta eventualmente morirá.

Wilson *et al.* (1966) descubrieron que tres o más años de defoliación severa durante la primavera elimina el *Agropyron spicatum*, un pasto de gran valor en el oeste de los EE.UU. Cook (1971) encontró que una defoliación del 50% era demasiado severa para

la cosecha de primavera de arbustos y pastos desérticos, y que es mejor una defoliación del 25%.

Dentro del manejo de pastizales, la sucesión vegetal juega un rol importante en la desertificación o en su reversión y el ganado doméstico se encuentra dentro de este proceso.

De acuerdo a Huss (1993), la sucesión es la manera que tiene la naturaleza de reemplazar una comunidad de plantas por otra. Existen dos tipos: la progresiva y la regresiva, también nombrada como retrogresión. En la sucesión progresiva existen dos tipos: primaria y secundaria. La sucesión primaria se refiere al desarrollo original y simultáneo de vegetación y sus suelos asociados; mientras que la sucesión secundaria se refiere a la restauración de los daños provocados por la retrogresión. La retrogresión es el reemplazo de una comunidad vegetal de orden ecológico superior por una comunidad de orden ecológico inferior. El mismo autor expresa que el sobrepastoreo da origen a la retrogresión y luego a la degradación del suelo, que comienza con la pérdida de materia orgánica y el derrumbe de la estructura seguido por la erosión. Si la alteración se compensa o elimina oportunamente, la sucesión retrocede hacia el clímax o potencial natural de la vegetación. Y es en éste proceso donde actúa la sucesión secundaria. Además, refiere que la retrogresión sucede cuando los animales comen, en primer término, las especies que más les agradan. Cuando escasean, buscan las menos deseables, por lo general son menos productivas y nutritivas. A estas les siguen las invasoras o indeseables, las cuales no son agradables al paladar del ganado y pueden sobrevivir a un sistema de sobrepastoreo y eventualmente invadirán el pastizal.

Las invasoras son especies que estando ausentes en la vegetación original o que se encontraban presentes en muy pequeñas cantidades, invaden después de alguna alteración o del sobrepastoreo continuo. Las invasoras son menos productivas que las deseables y son de poco valor para la conservación del suelo y del agua.

2.6. Métodos de pastoreo

Para el productor de ganado un aspecto crítico en relación a la productividad de su rancho es el pastoreo, debido a que tiene capital invertido en tierras, construcciones, vehículos, animales y salarios de los trabajadores y los ingresos que obtiene se generan de la vegetación que transforma el ganado en productos. La interface decisiva en todo esto es el pastoreo, por eso es muy importante planificarlo. Por lo general, la mayoría de los ganaderos no lo hacen y pierden grandes cantidades de dinero porque la producción de forraje disminuye y por consiguiente la productividad de su rancho (Savory, 1996b).

El pastoreo es mucho más que la forma en que los animales se alimentan en los agostaderos ya que, además de la forma de cosechar el pasto, también implica una serie de interacciones que se establecen entre los animales y el medio ambiente. Es importante el impacto que ejercen los animales en el suelo, en el ciclo mineral, en el ciclo del agua, en el flujo de energía y en la sucesión, así como el impacto que produce la calidad del ambiente en el comportamiento y desarrollo de los animales.

A través de los años los investigadores y los ganaderos han invertido mucho tiempo en el diseño y prueba de diversos sistemas de pastoreo con resultados variados.

Vivien (1991) define a los métodos de pastoreo como “un procedimiento específico o técnica de manejo de pastoreo diseñado para lograr un objetivo específico. Uno o más métodos de pastoreo pueden ser utilizados dentro de un sistema de pastoreo”. Así, al sistema de pastoreo lo define como “una combinación determinada e integrada por animales, plantas, suelo, y otros componentes ambientales y el método de pastoreo por el cual el sistema es manejado para lograr resultados o metas específicas”.

De acuerdo a Huss (1993), en el diseño de pastoreo son numerosos los factores que se toman en cuenta, con el propósito de evitar en lo posible los efectos nocivos de la defoliación durante la etapa más vulnerable del crecimiento de la planta y para promover o intensificar la sucesión secundaria y el mejoramiento de la condición del pastizal. También refiere que son muchos los beneficios que se buscan con los sistemas de pastoreo; los más importantes son detener y revertir la desertificación, reducir la frecuencia del pastoreo, hacer más eficiente el uso de los recursos forrajeros, crear reservas forrajeras para utilizarlas durante la temporada de receso del crecimiento, reducir costos, favorecer la vida silvestre y asegurar niveles aceptables de producción ganadera. Además, expresa que los sistemas de pastoreo no son una panacea. La columna vertebral de todo sistema es una adecuada tasa de ocupación y ningún sistema tendrá éxito sin ella. Por tanto, no existe un sistema ideal apto para todas las situaciones, por lo que es necesario introducir modificaciones para adaptarlos a las condiciones locales y aún se pueden desarrollar sistemas mejores.

De acuerdo a Ibarra (1990), básicamente existen tres tipos de métodos de pastoreo. El continuo, los rotacionales y los combinados. Los sistemas rotacionales se dividen en:

con descanso, diferidos e intensivos. Los sistemas con descanso incluyen descansar un potrero durante un año completo. Los diferidos incluyen el descanso de uno o varios potreros durante diferentes estaciones del año. Los rotacionales intensivos incluyen períodos variables, pero mas cortos de descanso que van de 20 a 60 días. A continuación se describen los métodos de pastoreo que más destacan por su uso.

Pastoreo continuo. El pastoreo continuo, algunas veces llamado simplemente pastoreo o pastoreo durante todo el año, se caracteriza porque el ganado pasta libremente por períodos prolongados o durante todo el año en un mismo potrero y aun cuando se tienen varias divisiones, distribuyen al ganado en todos los potreros. Es el mas común entre los ganaderos del país. Su desventaja fundamental es que el pastoreo no es uniforme, genera áreas sobrepastoreadas y áreas con plantas subutilizadas, sin importar la carga animal que se usa; lo que provoca erosión del suelo, disminución en el número y vigor de las plantas con alto valor forrajero con la consecuente reducción de la calidad del agostadero, rendimiento animal bajo por unidad de superficie, agotamiento en las plantas deseables y finalmente la sucesión negativa que conduce a la desaparición parcial o total de la cubierta vegetal (Huss, 1993; Blanco y Fierros, 1995).

Lo anterior se da en la medida que el ganado intensifica el pastoreo sobre los rebrotes de las plantas más palatables. La ventaja de este método es que requiere de baja inversión en infraestructura y mantiene alta la condición de carne del ganado mientras haya forraje suficiente y la oportunidad de seleccionar su alimento. Actualmente, parte de los ganaderos de todo el país practican el método de pastoreo continuo, siendo más frecuente en las zonas áridas y semiáridas (Blanco y Fierros, 1995).

Pastoreo racional. Los autores antes citados explican que es el primer método con alto nivel de planificación, ya que se basa en las tasas de crecimiento de las plantas y tiempo de exposición y reexposición al pastoreo como clave para minimizar el sobrepastoreo. Se planifica en base a los períodos de recuperación y no en el pastoreo. Los períodos de pastoreo se ajustan sobre las tasas diarias de crecimiento de las plantas para asegurar constantemente períodos de recuperación aceptables y no se basa en la altura del pasto. La desventaja es que su aplicación es más complicada, requiere más conocimientos y trabajo, sin embargo es redituable y asegura el mejoramiento del medio ambiente, la biodiversidad y la sustentabilidad de la empresa.

Este método no se aplica como tal en el país, aunque desde la década de los 90's se ha practicado como Pastoreo Intensivo Tecnificado (PIT). Desde el punto de vista de producción, se ha demostrado que éste método induce un ligero aumento en el rendimiento individual y por hectárea, resultando que la producción de carne por unidad de superficie se triplique (FIRA, 1996).

Pastoreo rotacional. Este método no es nuevo, ya que se ha venido utilizando desde hace 2000 años. Consiste en dividir el agostadero en dos o más potreros en los que continuamente se mueven los animales de uno a otro. El propósito fundamental es el de reducir el área total de pastoreo y obligar al ganado a consumir de manera más pareja el forraje ofrecido, lo que permite que la recuperación de los pastos sea más uniforme y se tenga mejor calidad en los nutrientes que en el pastoreo continuo. En contraparte, presenta una mayor inversión en infraestructura, básicamente en cercos. Esto último se

ve compensado por un menor costo de mantenimiento, mayor durabilidad del agostadero y por tanto economía a largo plazo (Huss, 1993; Blanco y Fierros, 1995).

Para Huss (1993), éste método dispone una forma eficaz y económica para mejorar los pastizales cuando las decisiones de manejo se toman adecuadamente, ya que el método de manejo de pastizales y de ganado pueden ser una herramienta eficaz para controlar la desertificación y mejorar la producción. Además, considera que las decisiones de manejo requieren una visión capacitada que la mayoría de los ganaderos desatienden.

Métodos sistematizados. En opinión de Huss (1993), son aquellos métodos en que el agostadero se pastorea o no en un programa fijo o en fechas específicas. Algunas variantes o modalidades del pastoreo rotacional pertenecen a éste grupo. Entre los métodos de pastoreo de este grupo están el pastoreo rotacional, pastoreo diferido, rotación diferida, rotación de descanso, intensidad alta, baja frecuencia, duración breve del pastoreo, pastoreo por células, entre otros. A veces el método lleva el nombre del diseñador original como Hormay, Merrill o Savory.

Estos métodos de pastoreo se utilizan extensa y exitosamente en tierras de pastoreo en el oeste de los Estados Unidos (Huss, 1993). Requieren pastizales con capacidad de pastoreo más o menos igual y con agua para que beba el ganado. Aunque se pueden aplicar sin cerco con buenos resultados, lo más común es el uso de cercos para realizar divisiones al interior del perímetro del agostadero. El costo de cercos y de agujeros adicionales puede ser una desventaja; sin embargo, los buenos resultados que se han

obtenido logran amortizar los costos en el largo plazo. Estos gastos también pueden disminuirse con el uso de cerco eléctrico.

Los logros que se han obtenido con estos métodos son diversos. Huss (1993) concluye que en el sistema de rotación diferida se han logrado buenos resultados bajo ciertas circunstancias. De la misma forma, opina que el sistema de alta intensidad-baja frecuencia con base en un trabajo que se realizó en la “Texas Range Station” pastoreando ganado vacuno y ovino en seis potreros, con un período de ocupación de 25 días y 125 días de descanso, se observó un mejoramiento espectacular y rápido del agostadero, pero la producción de ganado, especialmente la de ganado vacuno, fue baja. Resultados similares se han obtenido en otros trabajos en diversos lugares. Efectivamente, son buenos métodos para el mejoramiento rápido del agostadero estando dispuesto a sacrificar cierta productividad animal. Sin embargo, la factibilidad y rentabilidad de los métodos que involucran un mayor número de potreros y una frecuencia reducida de pastoreo son cuestionables.

Pastoreo Holístico Planificado o Pastoreo Savory. Este método es el precursor del holismo y por lo tanto encierra los principios del mismo. Fue conjuntado por Allan Savory desde hace 30 años, y de acuerdo a Huss (1993) bien puede ubicársele como método sistematizado.

Se caracteriza porque en la planificación se usan cuatro dimensiones: 1) tiempo del año, de períodos de pastoreo, de recuperación y del estado fisiológico de los animales; 2) área disponible por día; 3) volumen de forraje utilizado por el número y tamaño de los hatos

y por la asociación entre ellos; y 4) el comportamiento de los animales que tiene que ser planificado, así como las reservas para la sequía y otros usos de la tierra como la fauna silvestre, cultivos y bosques que deben tenerse en cuenta simultáneamente (FIRA,1996).

La planeación se hace para lograr una meta holística que implica riqueza y no producción únicamente. Considera a los animales como la herramienta principal en el logro de sus objetivos. La meta holística es el planteamiento que desean alcanzar las personas involucradas en la administración de los recursos de los que se deben obtener los productos que sostengan la calidad de vida que se busca, así como el futuro de la base de recursos necesarios para lograr la producción (Butterfield, 1996).

Las decisiones se hacen sobre muchos factores, las cuales deben ser al mismo tiempo apropiadas desde el punto de vista social, ecológico y económico. La decisión no se hace contra factores aislados; está ligado con la generación anual de riqueza y se planifica en base a los períodos de recuperación de las plantas y en el consumo de forraje expresado en animales día por hectárea (ADH). No utiliza el pastoreo selectivo y la planificación permite la máxima habilidad de los animales para seleccionar su dieta; la sequía siempre se considera y se trata como un suceso seguro, lo que se hace sobre la base de un tiempo de reserva y no sobre áreas o potreros sin uso para reserva en caso de sequía (Blanco y Fierros, 1995).

En un análisis comparativo entre los sistemas de pastoreo rotacional, racional y holístico planificado. Savory (1996c) encuentra algunas diferencias básicas entre ellos como se observan en el Cuadro 1. A continuación se comentan algunos aspectos importantes.

Cuadro 1. Principales diferencias entre el pastoreo rotacional, pastoreo racional y pastoreo holístico planificado.

	Pastoreo rotacional (pastoreo intensivo)	Pastoreo Racional (Voisin)	Pastoreo Holístico Planificado
Los periodos de pastoreo están basados en:	El número de potreros y período de descanso deseado	El periodo de recuperación necesario durante el crecimiento rápido y lento	El periodo de recuperación necesario durante el crecimiento rápido y lento
El ajuste de los periodos de pastoreo se basan en:	La altura de las plantas a pastorear en los potreros	La tasa de crecimiento diario de las plantas	La tasa de crecimiento diario de las plantas, comportamiento del ganado y/o necesidades de la fauna
Las existencias de forraje se estiman con base en:	La cantidad de materia seca estimada y/o precipitación recibida	Animal Día por Acre/Hectárea ADA/ADH	ADA/ADH disponibles para la estación de dormancia, más un tiempo de reserva para la seca y la eficiencia del ciclo del agua mas que la lluvia recibida
Las necesidades de nutrición de los animales se dirigen por:	La cantidad de materia seca estimada y monitoreo diario del los animales	ADA/ADH estimadas y monitoreo diario del los animales	ADA/ADH estimadas, monitoreo diario del los animales y asignando los mejores potreros para la época critica y planeando esa época critica
Usa el efecto de hato para restaurar la tierra	No planifica	No planifica	Lo incorpora en el plan, esencial en ambientes frágiles
Fauna y otros usos de los usuarios	No planifica	No planifica	Lo incorpora en el plan, así el ganado puede ser usado para ampliar los ingresos
Para la sequía planifica:	Áreas de pastoreo de reserva	Tiempo de reserva (días de pastoreo) distribuido sobre todos los potreros	Tiempo de reserva en todos los potreros, y ADA/ADH estimadas al final de la temporada de crecimiento en un plan cerrado
Comportamiento en ambientes frágiles	Se colapsa en ambientes frágiles	Se colapsa en ambientes frágiles	No se colapsa en ningún ambiente
Comportamiento en ambientes menos frágiles	Bueno a corto plazo, pero comúnmente se colapsa a largo plazo	Bueno a corto y largo plazo	No se colapsa en ningún ambiente
Prevención del fuego	No planifica	No planifica	Rutinariamente planifica
Las decisiones de manejo se basan en:	Múltiples metas involucrando ya sea forraje, animales o las finanzas en cualquier tiempo	Múltiples metas involucrando ya sea forraje, animales o las finanzas en cualquier tiempo	Una sola meta holística que dirige simultáneamente factores sociales, económicos y ambientales

Adaptado de Savory (1996c).

Básicamente los tres involucran la división de las áreas grandes de pastoreo en otras pequeñas, y la rotación de ganado a través de ellas. Sin embargo, en el rotacional frecuentemente se rota el ganado a través de los potreros sin asegurar las necesidades del ganado, la tierra, la vida silvestre y el área familiar no siempre se toma en cuenta, y cuando se considera es en forma desordenada. En cambio, en el pastoreo holístico planificado todas las variables son consideradas.

El pastoreo rotacional funciona bien en ambientes menos frágiles dónde el ganado está principalmente caminando, pastando praderas cultivadas y fertilizadas y las variables que considera son pocas. El desempeño animal y la producción de forraje generalmente no son tan altos como pudieran ser y en los años muy secos o muy húmedos se pueden presentar problemas. En ambientes frágiles donde el ganado está principalmente caminando, el pastoreo rotativo se colapsa rápidamente.

Muchos de los métodos de pastoreo rotacional se derivaron del trabajo de André Voisin, quien fue el primero en descubrir que el sobrepastoreo está relacionado con el tiempo que las plantas son expuestas a los animales, en lugar del número de animales.

En ambientes menos frágiles, el pastoreo racional puede ser de mucho éxito y durante un tiempo prolongado, pero en ambiente frágiles se estropea rápidamente debido a que no fue desarrollado para esos ambientes.

2.7. Evaluación de los pastizales

De acuerdo con Muir y McClaran (1997), el inventario de pastizales y el monitoreo de pastizales son los procesos que describen y evalúan los recursos en un sitio del pastizal.

El inventario documenta y describe el estado del recurso existente dentro de una unidad de manejo; se enfoca a proporcionar una valoración detallada de los recursos de la unidad de manejo entera. En cambio, el monitoreo se encarga de registrar los cambios en el estado del recurso, normalmente para evaluar la respuesta de un programa de manejo en un sitio; se dirige sobre una duración de años, y comúnmente se limita a detectar las tendencias del pastizal para obtener los objetivos que interesan conocer.

Estos autores opinan que el inventario y el monitoreo son las herramientas centrales del manejo de pastizales que ayudan a tomar decisiones acordes al potencial productivo del recurso de la tierra, así como sobre la capacidad de carga, nivel de utilización, sistemas de pastoreo, y mejoras del pastizal. No obstante, el inventario y el monitoreo sirven a una gran variedad de intereses y grupos. Entre sus objetivos está desarrollar los planes de uso de la tierra, asignar los usos y los recursos a los usuarios, evaluar las condiciones actuales y monitorear las condiciones en el futuro para medir el progreso hacia las metas. Otros propósitos son evaluar los impactos de acciones propuestas de uso de la tierra, evaluar la capacidad o el potencial de producción del recurso bajo varios niveles de manejo, establecer una base común de medida entre varios tipos de tierra y posesión y para satisfacer los requisitos legales.

El inventario y el monitoreo abarcan muchos principios similares, sin embargo para alcanzar los objetivos específicos de cada proceso es necesario medir diferentes atributos de la vegetación y aplicar diferentes métodos de muestreo.

indicadores pueden ayudar a identificar problemas importantes, pero también pueden llevar a confusiones o interpretaciones falsas cuando se usan inadecuadamente.

Los indicadores son estadísticas o medidas que relacionan a una condición, un cambio de calidad, o un cambio en el estado de algo valorado. Ellos proporcionan la información y describen el estado de los fenómenos de interés, pero con un significado más allá de la asociación directa con un parámetro individual (OCDE, 1993, citado por la FAO, 1996). Así, los indicadores de calidad de la tierra son estadísticas que informan la condición y calidad del recurso de la tierra, pero también las relaciones de causa-efecto que pueden resultar en cambios en la calidad y las respuestas a estos cambios por la sociedad.

Los indicadores deben desarrollarse de acuerdo a sus aplicaciones percibidas, y esto requiere estadísticas fiables y datos básicos. Son específicos a los procesos de los que forma parte. Algunos pueden ser apropiados para ciertos sistemas e inapropiados para otros. Por esta razón no existe una lista de indicadores universales, ellos dependen de las características del problema bajo estudio, de la escala, del tipo de acceso y de la disponibilidad de datos (Masera *et al.*, 1999).

Los indicadores pueden usarse para evaluar la calidad de la tierra, monitorear sus condiciones y los cambios, y para formular las políticas y programas de desarrollo que tienen en cuenta la calidad de la tierra. Asimismo, se debe considerar el nivel de resolución con que se quiera estudiar el fenómeno, de manera que los indicadores se pueden usar a nivel nacional o regional, así como a nivel de provincias y regiones

nacionales y también a nivel local o incluso de predio, en donde se puede conocer a mayor detalle el fenómeno. El nivel de aproximación está en función de la disponibilidad de recursos y de expertos en la materia en que se quiere opinar con base en la experiencia y conocimientos de la zona (FAO, 1997).

En la elección de los indicadores se debe tener en cuenta que estos sean cuantitativos, sensibles a los pequeños cambios, fácilmente medibles, repetibles, representativos para cada uno de los procesos que interesa conocer y que tengan influencia en el problema bajo estudio (FAO, 1993; Masera *et al.*, 1999).

2.7.1. Indicadores del medio biológico

Los indicadores biológicos se obtienen del componente biológico del ecosistema. Así, para conocer el estado de la flora algunas de las características que se consideran son la estructura biológica expresada por la fisonomía y composición vertical y horizontal; la resiliencia o capacidad regenerativa del ecosistema y la productividad en su modalidad de biomasa ecosistémica. A continuación se describen algunos de los indicadores más usados.

Cobertura. La cobertura o cubrimiento es un indicador que revela el cambio en la estructura horizontal de la vegetación y es uno de los mas utilizados en la evaluación de la desertificación, a pesar de ser altamente sensible a las alteraciones ambientales. Este indicador está en función de la potencialidad ambiental para el desarrollo biológico, ya que a mejores ambientes se logran mayores cubrimientos horizontales. Las variaciones en este indicador revelan alteraciones ambientales o de manejo (FAO, 1997).

La cobertura se adopta ampliamente para ambos propósitos del inventario y del monitoreo porque proporciona datos rápidos y repetibles que son relevantes para interpretaciones de muchas prácticas con respecto al uso del suelo y estado del recurso. La cobertura basal generalmente es considerada una medida más estable que la cobertura del dosel para identificar el cambio de vegetación herbácea, ya que es menos influenciada por las fluctuaciones del tiempo atmosférico, época del año, y la historia inmediata del pastoreo (Muir y McClaran, 1997).

Diversidad florística. La diversidad florística o composición de especies es otro nivel de estudio de las comunidades vegetales para evaluar las alteraciones y conocer los problemas de la biodiversidad en términos de condición y tendencia. Es un indicador de la riqueza y diversidad específica. La diversidad puede ser evaluada en diferentes formas. Puede referirse al número de especies presentes en la comunidad o a la variedad de especies presentes y la abundancia relativa de cada una de ellas, como número de individuos de cada especie o sus biomas (FAO, 1997).

La composición de especies se asocia comúnmente para describir las características de la vegetación durante los programas detallados de inventario. No obstante, la determinación exacta de la composición de especies puede ser tediosa, porque todas las especies deben ser identificadas. Por eso, en situaciones de monitoreo a escalas grandes, puede ser más eficaz concentrarse en unas pocas especies clave o grupos de especie, escogidas para lograr los objetivos del programa (Muir y McClaran, 1997).

Resilencia. Es la capacidad que tiene el ecosistema para regenerar su estructura original una vez que a sufrido alteraciones naturales o inducidas, mismas que producen variaciones en la arquitectura ecosistémica. La recuperación es a diferentes tasas ya que depende del nivel del daño que provoquen las alteraciones. La evaluación de indicadores de esta alteración permite, con alto grado de precisión, establecer disminuciones permanentes de los niveles de productividad ecosistémica (FAO, 1997).

Productividad. Es una variable global del ecosistema que permite establecer tendencias y comparar su estado con sectores de igual potencial físico y biológico. Sin embargo, la productividad tiene un componente temporal que es ineludible. Para la FAO (1997), el parámetro mas empleado para medir este indicador es la producción de materia seca y en menor medida el fitovolumen. Así, el descenso de la masa vegetal demuestra ruptura de las condiciones óptimas de un ecosistema y a menor volumen mayor es la degradación.

También refiere que la productividad puede ser evaluada con base a dos tipos biomasa vegetal utilizable: la herbácea y el material leñoso. La primera se utiliza como forraje y la otra como madera y material combustible. El forraje es la materia seca destinada a la alimentación animal, el cual se valora con base a su rendimiento, energía disponible y calidad en términos de digestibilidad y proteína cruda.

La biomasa es el objetivo principal del inventario para determinar la capacidad de carga, modelos de utilización, o condición del pastizal. A pesar de que es importante en las aplicaciones de manejo, pocas técnicas están disponibles para obtener rápidamente datos exactos y precisos de biomasa para grandes áreas. Además, es difícil aislar las

fluctuaciones en la biomasa creadas por las condiciones del tiempo, la historia inmediata del pastoreo y de los cambios inducidos por la actividad del manejo. Por eso normalmente se recomiendan otros atributos como la cobertura en programas de monitoreo para grandes escalas (Muir y McClaran, 1997).

El otro parámetro de la productividad es la capacidad de sustentación, la cual se refiere a la carga óptima que puede soportar un pastizal conservando su estado o condición y permitiendo un adecuado desarrollo de los animales. Se expresa en unidades animal por año (Gastó *et al.*, 1993, citado por FAO, 1997).

La densidad puede proveer información valiosa para el inventario de las especies perennes grandes, particularmente árboles y arbustos. Sin embargo, la densidad raramente se mide en los monitoreos, porque consume mucho tiempo, y se asocian errores con la identificación de plantas individuales (Muir y McClaran, 1997).

2.7.2. Indicadores del medio físico

Algunos de los indicadores físicos se obtienen de los recursos suelo, agua y clima. En el suelo las características que se evalúan son los materiales minerales y orgánicos, las propiedades físicas, la compactación y el equilibrio de nutrientes. Para el análisis del agua se toman en cuenta sus características físicas y químicas y su disponibilidad. En el clima las características que se consideran son el régimen de precipitación hídrica y el régimen térmico.

Erosión del suelo. La pérdida de materiales minerales y orgánicos es el proceso que mejor expresa la degradación del suelo y es fácil de verificar. En el deterioro del suelo se tiene a la erosión hídrica y la eólica.

De acuerdo a la FAO (1997), la erosión hídrica es provocada por las gotas de lluvia y escurrimientos superficiales, se produce en terrenos que no se encuentran debidamente protegidos por la vegetación, o no cuentan con estructuras que permitan una disminución del efecto de la gota de lluvia o del agua de escurrimiento. Para evaluar este proceso existen dos formas; una es por medio de métodos de campo, a través de parcelas de escurrimiento, y la otra es a través del uso de métodos predictivos con base en ecuaciones y modelos que incorporan información del clima, suelo y prácticas de manejo.

Asimismo, entre los indicadores que considera para evaluar la erosión hídrica están el aumento de la pedregosidad y rocosidad superficial, la evolución de los pedestales de erosión, la presencia de zanjas y cárcavas, el espesor de suelo utilizable y el porcentaje de subsuelo descubierto. También el porcentaje de subsuelo descubierto es un buen indicador debido a que sintetiza los efectos de la erosión hídrica, eólica y pérdida de materia orgánica. Así, al incrementar la proporción de subsuelo descubierto se incrementa la pérdida de fertilidad natural del suelo. Este indicador se obtiene a partir de observaciones en el terreno, de interpretación de fotos aéreas o imágenes de satélite.

La erosión eólica es la pérdida de material fino del suelo por la acción del viento, provocando denudación del suelo o bien formación de dunas o médanos (Peralta y

Espinoza, 1994). Es un fenómeno predominantemente de superficies sobre las que tiene gran influencia la velocidad del viento. Los indicadores que se utilizan para conocer este fenómeno son el porcentaje de superficie cubierta por grava, el área superficial cubierta por montículos o dunas y las tormentas de polvo o arena.

Materia orgánica. La materia orgánica es uno de los principales componentes del suelo y cobra especial importancia en las regiones áridas y semiáridas en donde sus contenidos no son muy elevados, de tal forma que la pérdida de este material edáfico implica un rápido deterioro del suelo (FAO, 1997).

El valor de la materia orgánica radica en la importancia que ésta tiene en la retención de agua y nutrientes, generación de estructura, protección del suelo contra la erosión hídrica y eólica y su activa participación en el desarrollo de microorganismos del suelo.

Para la FAO (1997), la materia orgánica es un indicador fácil de medir en los horizontes superficiales, debido a que el contenido se localiza principalmente en la superficie. Su evaluación puede hacerse de manera directa en el terreno con base en la observación visual, o bien indirectamente mediante la estimación de las pérdidas por observación aérea o satelital, las cuales requieren muestreo de suelo para su validación.

En la estimación directa la observación se basa en los cambios de color del suelo, así como en la mayor o menor tendencia del suelo a encostrarse, en la abundancia de fauna edáfica y esponjosidad del horizonte superficial. Otra forma mas exacta para determinar el contenido de materia orgánica es el muestreo y análisis químico de los suelos.

También para estimar los contenidos de materia orgánica en el suelo se puede utilizar la presencia de mantillo orgánico.

El deterioro de las propiedades físicas del suelo es un proceso que está relacionado con el contenido de materia orgánica y se expresa cuando el suelo pierde su estructura y, con ello, la capacidad de aireación y retención de humedad. El indicador que mide esta característica es la compactación del suelo, la cual consiste en el aumento de la densidad del suelo y es consecuencia de procesos tales como la pérdida de materia orgánica y la erosión del suelo.

Este proceso se manifiesta en la compactación e impermeabilización de los primeros centímetros del suelo provocados generalmente por la acción de las gotas de lluvia y es mas común en terrenos de pastoreo y áreas donde se practica la agricultura de secano. Algunas de las consecuencias negativas son la pérdida de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y deficiencias en la oxidación. Las altas concentraciones de sodio intercambiable en los suelos y bajas concentraciones de sales inducen a la dispersión coloidal, lo que contribuye a formar costras muy densas (FAO, 1997).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y descripción geográfica

3.1.1. Ubicación del área

El estudio se realizó en el rancho “Dolores” que se localiza en la parte sur del municipio de Valparaíso, Zacatecas. Este municipio tiene sus coordenadas geográficas extremas al norte $23^{\circ} 09'$, al sur $22^{\circ} 09'$ de latitud norte; al este $103^{\circ} 11'$, al oeste $104^{\circ} 19'$ de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Jiménez del Teúl, Sombrerete y Fresnillo; al este con los municipios de Fresnillo, Jerez, Susticacán y Monte Escobedo; al sur con el estado de Jalisco; al oeste con los estados de Jalisco, Nayarit y Durango (Figura 2). Este municipio representa el 7.8% de la superficie del Estado.

Las colindancias del agostadero del rancho son: al norte, con el Ejido las Margaritas, al este con propiedades de la comunidad El Pino, al sur con terrenos de Mario Ocampo Robles y al oeste con propiedades de la comunidad de San Antonio de Padúa.

La vía de acceso para llegar al predio donde se realizó el estudio es a través de la carretera estatal que va de Huejuquilla, Jalisco a Mezquitic, Jalisco, en esa dirección se recorren 19 km, luego se toma un camino de terracería en dirección norte sobre el que se recorren seis (6) km para llegar al rancho.

Municipio de Valparaíso y localización del Rancho

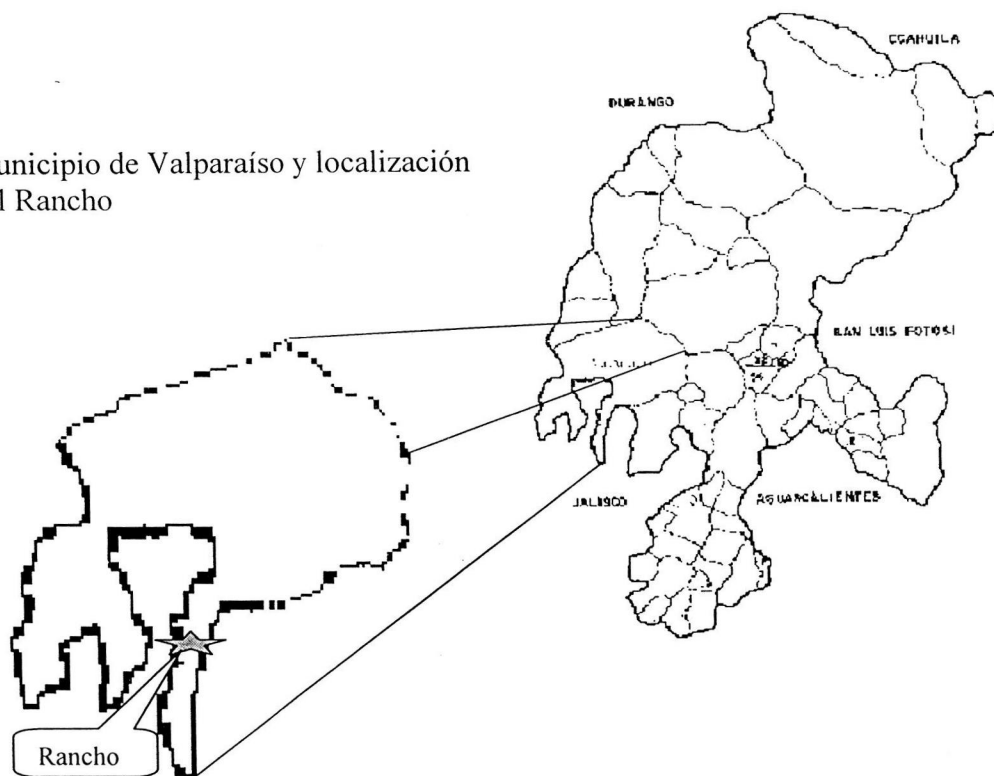


Figura 2. Localización del rancho donde se realizó la investigación (a partir del mapa del anuario estadístico del estado de Zacatecas, 2000).

3.1.2. Descripción geográfica

Las tierras de agostadero del rancho Dolores están situadas en la subprovincia “Mesetas y Cañadas del Sur”, la cual forma parte de la provincia “Sierra Madre Occidental”.

Las coordenadas geográficas extremas del rancho son: al norte $22^{\circ} 22' 00''$, al sur $22^{\circ} 20' 40''$ de latitud norte; al este $103^{\circ} 27' 30''$, al oeste $103^{\circ} 28' 25''$ de longitud oeste.

De acuerdo con el INEGI (1981), la subprovincia de Mesetas y Cañadas del Sur ocupa 7.9% de la superficie total del Estado. Abarca los municipios de Atolinga y Monte Escobedo, y parte de los de Jiménez del Teúl y Valparaíso. El paisaje de esta provincia

está constituido por altas mesetas que son interrumpidas por cañones, que han resultado de la erosión fluvial sobre los diversos tipos de roca volcánica ácida.

Esta subprovincia se caracteriza por lo alto de sus mesetas, que presentan una forma alargada, orientadas en dirección norte-sur y sin ramificaciones. Los Cañones o cañadas se orientan paralelos y alternos a las mesetas, los cuales se interrumpen para dar lugar a valles más tendidos. Sus corrientes fluviales corren hacia el sur, donde son asimiladas por el Río Grande de Santiago. Dentro del estado de Zacatecas, la subprovincia presenta once sistemas de topoformas distintos, que pueden agruparse en mesetas, valles y cañones.

Esta subprovincia cuenta con trece tipos de suelos diferentes. Asimismo, la vegetación que caracteriza el paisaje son las selvas bajas caducifolias; bosques de encino, de encino-pino, de pino-encino y de pino-matorrales subtropicales, desérticos microfilos y crasicaules; pastizales naturales e inducidos. Los tipos de suelo y de vegetación que se encuentran en el predio objeto de estudio se describen mas adelante en otro apartado.

Las posibilidades de uso agrícola de la tierra en esta subprovincia están muy limitadas debido a las condiciones de topografía y de edafología, en donde la profundidad, la pedregosidad y la pendiente del suelo son factores condicionante. De hecho, sólo en dos sistemas de topoformas pueden llevarse a cabo labores agrícolas de riego.

La posibilidad de uso pecuario de la tierra es buena, debido a que pueden establecerse unidades de producción pecuarias en las que el ganado se alimente sobre praderas

cultivadas, aunque con las mismas limitaciones que la agricultura. También existen condiciones en donde los pastizales naturales pueden utilizarse para el pastoreo de ganado bovino para carne y caprinos. Asimismo, el resto de la superficie de la subprovincia puede destinarse al pastoreo en agostaderos que no son de pastizal, con restricciones de moderadas a fuertes.

En cuanto a las posibilidades de uso forestal la subprovincia presenta un interesante panorama, debido a la riqueza y frecuencia de sus bosques. Existen bosques compuestos por especies maderables que se pueden explotar industrialmente.

3.2. Caracterización climática

Las estaciones meteorológicas cercanas al rancho donde se realizó el estudio son: la estación de Huejuquilla Jalisco y la estación de Valparaíso, Zacatecas. De acuerdo a la carta de climas de la UNAM (1970) es diferente el tipo de climas para cada estación, el tipo de clima del área donde se ubica el predio de estudio es similar al de la estación de Huejuquilla, sin embargo, está próxima la transición al tipo de clima de la estación de Valparaíso.

En el Cuadro 2 se presentan los promedios mensuales de variables climáticas del periodo 1960-1980 para la estación climatológica de Huejuquilla, Jalisco.

Cuadro 2. Datos climatológicos de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. Lat. 22° 45'. Long. 103° 54' y altitud 1850 msnm. Clave 14-051. Periodo 1960-1980.

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom. Anual	Prom. May-oct
Temp. Maxima(°C)	21.4	23.1	26.1	29.1	31.3	31.1	28.0	27.5	27.6	26.6	25.0	22.2	26.6	28.7
Temp. Minima (°C)	1.4	4.4	6.6	8.8	12.0	14.3	14.5	14.2	13.8	11.0	6.8	5.1	9.6	13.3
Temp. Promedio (°C)	12.9	13.7	16.1	19.0	21.4	22.6	20.9	20.9	20.7	18.9	15.9	13.5	18.0	20.9
Precipitación (mm)	16.7	10.4	7.7	8.2	9.4	80.6	170.8	182.0	91.8	41.4	18.7	28.3	666.0	576.0
ETP (mm)	102.2	124.2	169.5	203.8	217.9	182.0	144.2	133.6	125.7	130.8	111.2	97.8	1742.9	934.2
0.5*ETP	51.1	62.1	84.8	101.9	109.0	91.0	72.1	66.8	62.8	65.4	55.6	48.9	871.4	467.1

Nota: ETP, Evapotranspiración potencial.

Fuente: Elaboración propia con datos del CECAL-INIFAP, 1990.

3.2.1. Tipos y subtipos climáticos

De acuerdo a la Carta de Climas de la UNAM (1970), el tipo de clima en la región donde se ubica el área de estudio es (A)C(w₀)(w)a(e), clima semicálido, con temperatura media anual mayor a 18°C y la del mes mas frío menor a 18°C, verano cálido, extremoso con oscilación de entre 7 y 14°C . De acuerdo a su régimen de humedad es el más seco de los templados subhúmedos, con un cociente P/T menor de 43.2, con lluvias en verano y porcentaje de la lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual.

El otro tipo de clima que está próximo a el área de estudio es el BS₁(h)w(w)(i') que pertenece al grupo de climas secos, el menos seco de los BS, con un cociente P/T mayor a 22.9, con temperatura media anual entre 18 y 22 °C. Según su régimen de humedad, por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco, con lluvias en verano y porcentaje invernal menor del cinco (5) de la anual.

3.2.2. Temperaturas

Las temperaturas mínima, máxima y promedio para la estación de Huejuquilla Jal. muestran que la isoterma media anual fluctúa entre 12.6 y 23°C, registrándose la temperatura mas baja en el mes de enero con un promedio mensual de temperatura mínima de 1.4 °C y el promedio mas alto de temperatura máxima se presenta en Mayo con 31.3°C (Figura 3).

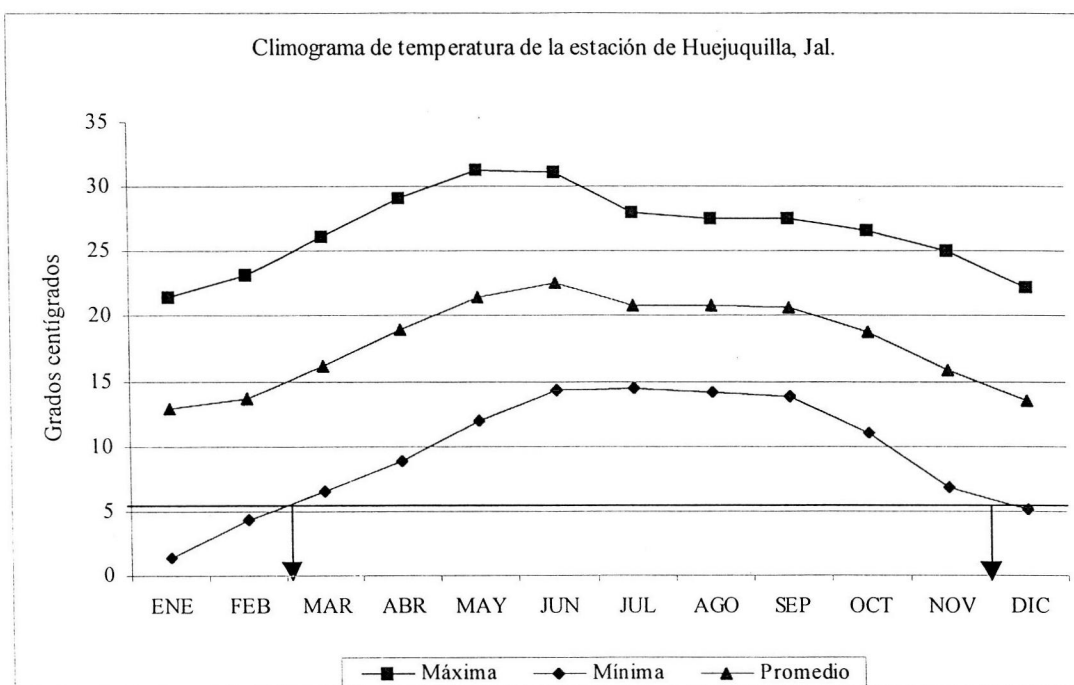


Figura 3. Temperatura mínima, máxima y promedio mensual de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. para el periodo 1960-1980. (Elaboración propia con datos del CECAL-INIFAP, 1990).

3.2.3. Período de crecimiento por balance hídrico

La FAO (1978; citado por Ortiz, 1984), utiliza la Evapotranspiración Potencial (ETP) en la definición de los períodos de crecimiento, el cual se define como el número de días durante el año en el que existe disponibilidad de agua y una temperatura favorable para

el desarrollo de los cultivos. El cálculo del período de crecimiento se basa en un modelo simple de balance de agua, comparando la precipitación con la ETP.

El inicio del periodo de crecimiento comienza cuando la precipitación iguala a la mitad de la ETP. Para los valores reportados de la estación de Huejuquilla, Jal., este inicio se establece el 20 de junio. Desde esta fecha comienza el período de crecimiento y se prolonga hasta el 1 de octubre. Dentro de este lapso se presenta un período húmedo cuando la lluvia es mayor a la ETP, el cual comprende del 8 de julio al 4 de septiembre, como se observa en la Figura 4.

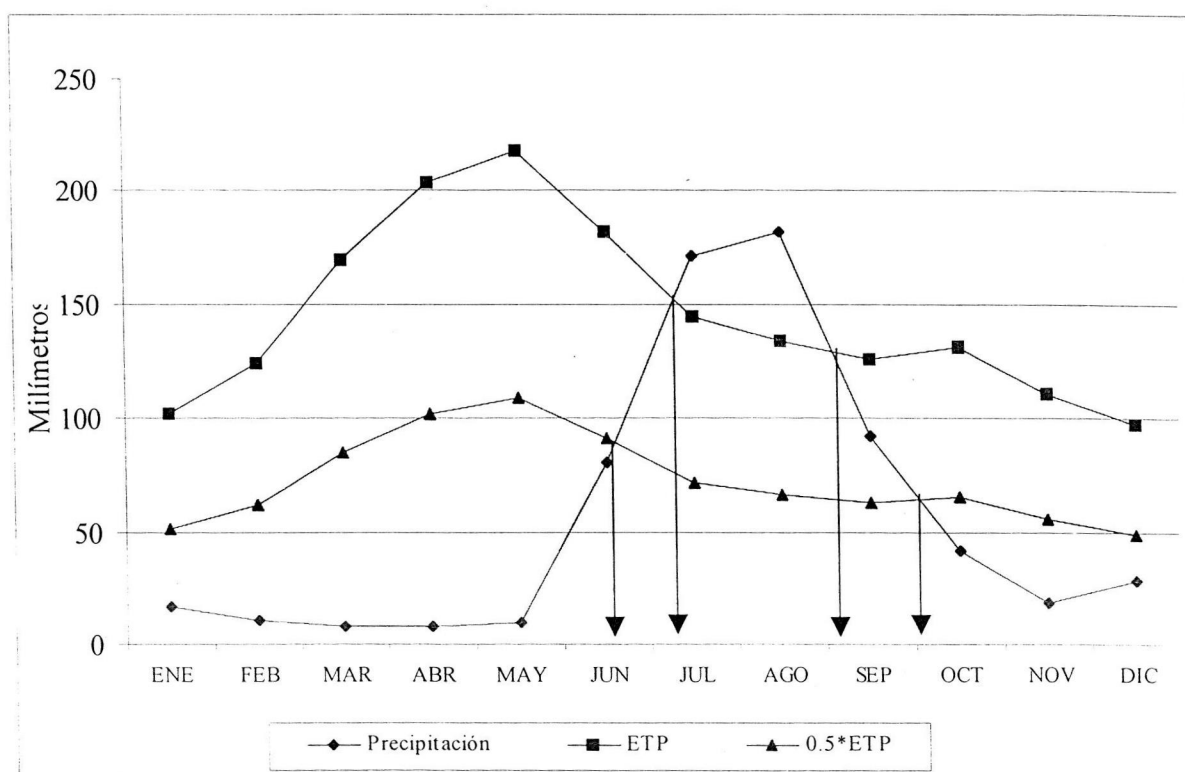


Figura 4. Período de crecimiento por balance hídrico de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. (Elaboración propia con datos de del CECAL-INIFAP, 1990).

3.2.4. Índice auxégeno

Para la caracterización climática de una región es importante establecer el Índice Auxégeno que representa el valor de la temperatura necesaria a la cual se propicia el desarrollo vegetal. La FAO (1978; citado por Ortiz, 1984) considera al valor de 6.5°C como el Índice Auxégeno.

Para el rancho Dolores, el Índice Auxégeno se determinó a partir de la curva de temperatura mínima mensual de la estación meteorológica de Huejuquilla, Jal. En el punto de intersección entre la curva de temperatura mínima mensual y 6.5°C, el resultado obtenido al proyectar hacia el eje de las X's (meses del año) se obtuvo un período, con temperaturas adecuadas para el desarrollo vegetativo de las plantas, de entre el 3 de marzo y el 30 de noviembre como se observa en la Figura 3.

3.3. Caracterización de la vegetación

3.3.1. Tipos vegetativos

Como se observa en la Figura 5, en el predio donde se realizó la investigación se diferencian tres tipos vegetativos, mismos que al asociarse forman comunidades vegetales más complejas. El mas representativo por la mayor superficie que cubre es el pastizal natural, el cual se mezcla con matorral subinerme e inerme. Luego, siguen el matorral subinerme asociado con nopaleras. En menor proporción está el bosque de encino asociado con chaparral y matorral inerme.

Mapa de Vegetación y Uso del suelo Rancho Dolores, Valparaíso, Zac.

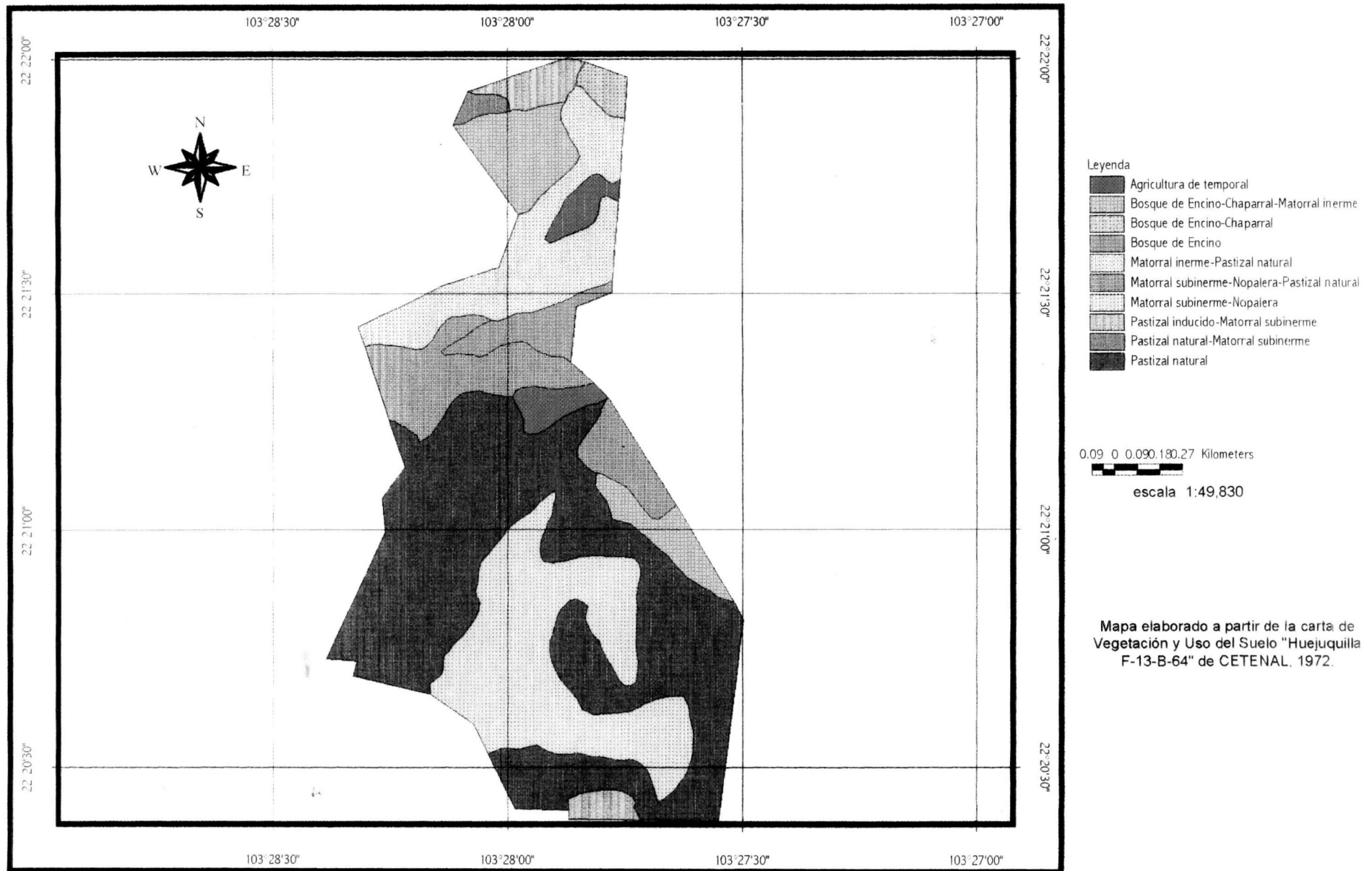


Figura 5. Mapa de vegetación y uso del suelo del Rancho Dolores, Valparaíso, Zac.

Pastizal natural. Son formaciones vegetales con dominancia de gramíneas. Sus elementos dominantes son: pastos. El pastizal con *Opuntia* está constituido por una cubierta herbácea de gramíneas bajas amacolladas, compuestas y leguminosas, y conjuntos dispersos de *Platiopuntias* y *Cilindropuntias*.

Matorral de nopaleras. Son asociaciones de diversas especies de *Opuntia* que alcanzan su mejor desarrollo sobre suelos en parte derivados de rocas ígneas. La asociación de nopal “duraznillo”, *Opuntia leucotricha*, tiene una altura media de 2 a 3 m, y con frecuencia gran densidad. Esta asociación a veces colinda o se mezcla con elementos del matorral inerme, pastizal o pastizal con huizache

Matorral inerme. Esta es una agrupación que alcanza su mejor desarrollo por lo regular sobre suelos finos o con grava de las bajas o bajadas de declive muy suave.

Bosque de encino. Se encuentra por encima de los 1800 msnm. No tiene una fase dominante de crecimiento, la mayoría de los árboles que lo constituyen no alcanzan los 35 cm de diámetro a la altura del pecho. Su estatus superior es de unos 5 m de altura, está formado por varias especies de encinos (*Quercus* spp.) pino triste (*Pinus lumholtzii*) y madroño (*Arbutus* sp.). Le sigue un estrato arbustivo constituido, entre otras especies, por manzanita (*Arctostaphylos* sp.), junco (*Loeberlinia spinosa*) y ocotillos (*Dodonaea* sp.). Entre los elementos del sotobosque se encuentran individuos de diversos géneros de pastos como *Bouteloua*, *Muhlenberia* y *Stipa*.

3.4. Unidad de estudio

La unidad de estudio donde se desarrolló el trabajo la integran cuatro áreas de pastoreo, una de ellas es el Rancho de nombre “Dolores”, en el cual se aplica el pastoreo holístico, y las otras tres áreas de pastoreo se ubican en ranchos vecinos localizados en la misma zona agroecológica, pero que usan el pastoreo continuo. El estado y tendencia del agostadero de estos ranchos se contrastó con la del pastoreo holístico (Figura 6).

El Rancho “Dolores” tiene una superficie total de agostadero de 702 ha distribuidas en 12 potreros; de esa extensión, en 584 ha (10 potreros), se aplica el pastoreo holístico desde hace 10 años, y en 118 has (2 potreros) éste método de pastoreo se incorporó seis años después.

Para conocer el estado del agostadero del rancho, el monitoreo se realizó en cinco potreros en donde se emplea el pastoreo holístico desde hace 10 años. Además, se eligieron esos potreros porque la condición del agostadero es representativa del predio y porque forman parte del perímetro, aspecto importante para hacer la comparación con los agostaderos de los tres predios colindantes en donde se aplica el pastoreo continuo.

Se realizaron tres transectos en el interior del predio y tres en el exterior; la ubicación y rumbo de los transectos se determinaron de acuerdo a la fisonomía de la vegetación, topografía y tamaño del predio (Figura 6). En el transecto uno en el predio con pastoreo holístico se obtuvo información en 100 puntos y en el predio colindante con pastoreo continuo fueron 33 puntos. En el transecto dos, para cada predio se obtuvo información en 33 puntos. En el transecto tres, el muestreo fue similar al uno.

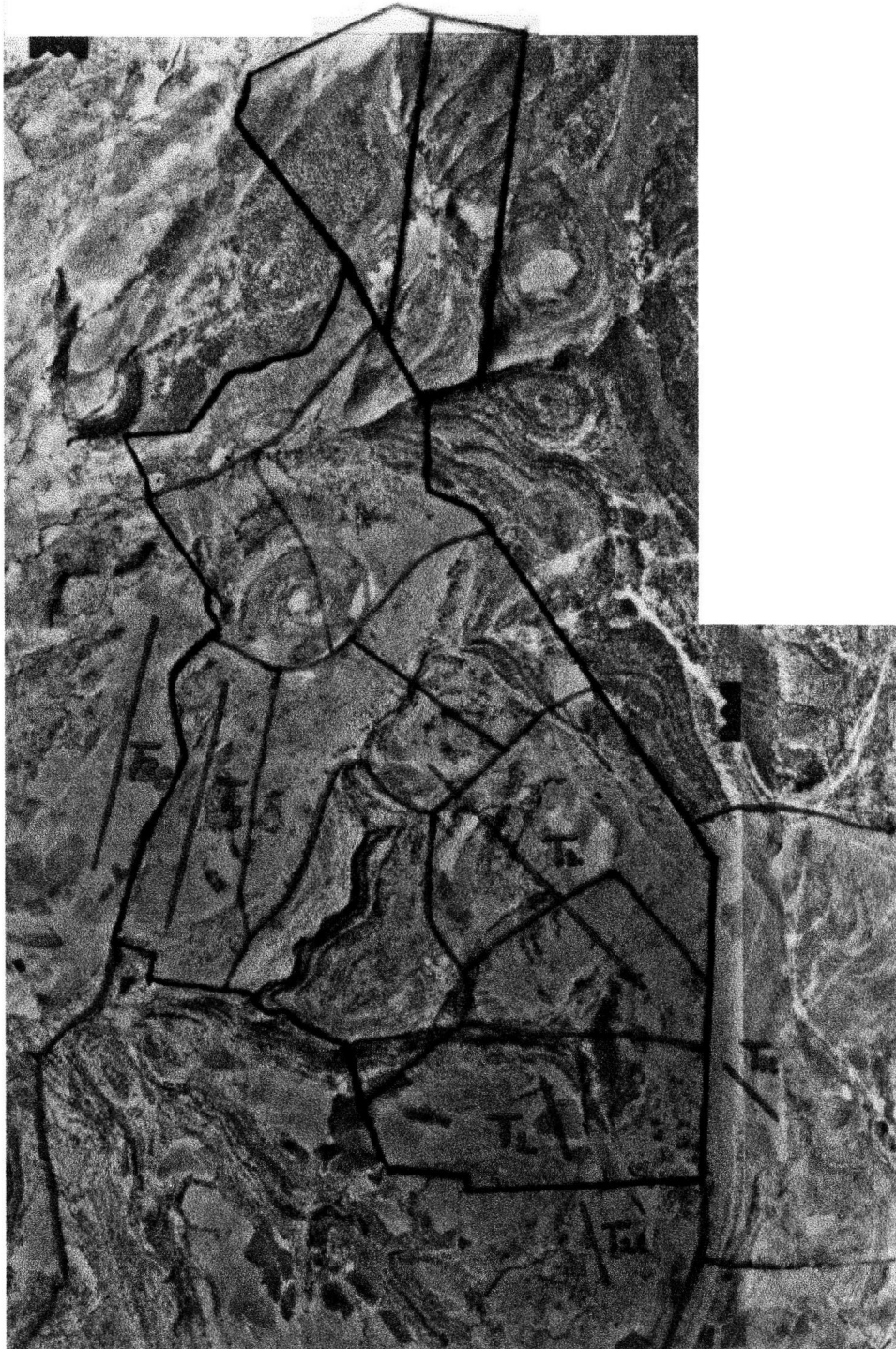


Figura. 6. Predio rústico del rancho “Dolores”, Valparaíso, Zac.

Nota: Al perímetro del predio con pastoreo holístico lo define el trazo de color negro; los trazos de color verde delimitan la división de potreros, los de rojo indican la trayectoria de los transectos y los de azul indican los linderos de los predios colindantes que usan pastoreo continuo.

Fuente: Elaboración propia a partir de foto aérea escala 1:25,000 de 1997.

La información se levantó en campo la segunda quincena de septiembre del 2000. Se eligió esa fecha porque en esa época del año se puede observar el crecimiento activo de las plantas y da la oportunidad para detectar el sobrepastoreo y formas de crecimiento distorsionado de las plantas; además, es el mejor tiempo para identificar las plantas y observar sus características. Igualmente, la actividad biológica se encuentra en niveles altos, lo que permite valorar mejor el funcionamiento del ecosistema (ASCHM, 1999).

3.4.1. Manejo del los predios

En el predio donde se practica el pastoreo holístico, en la época cuando se monitoreó el agostadero, se tenían 255 toretes de mas de 350 kg, pastoreando considerando un programa. El programa de pastoreo que en ese momento y desde hace diez años utilizan se administra con base en los preceptos del pastoreo holístico. La capacidad forrajera del agostadero para este predio oscila entre 2.5 y 3 ha por unidad animal al año (ha/uaa). En cambio, la recomendación técnica para esas áreas de pastoreo es de 4.92 ha/uaa, de acuerdo a la COTECOCA (1980).

En los predios aledaños, que sirvieron para comparar, tenían ganado pastoreando bajo la modalidad de pastoreo continuo, método de pastoreo que desde hace tiempo han aplicado. La presión de pastoreo que en ellos se ejerce es menor a la recomendación técnica de 4.92 ha/uaa, pues la producción de forraje a disminuido porque la condición del agostadero ha sido afectada por el pastoreo inadecuado de los últimos años.

3.5. Metodología utilizada

La metodología que se utilizó en el presente trabajo es la que propone el Modelo de Administración Holística de los Recursos para el monitoreo biológico de las áreas de

pastoreo: Early Warning Biological Monitoring -Rangelands and Grasslands- del Centro de Allan Savory para el Manejo Holístico (1999) (ASCHM, por sus siglas en inglés).

La metodología de éste monitoreo se basa en un procedimiento simple que se ha usado y se ha mejorado por los administradores holísticos de los ranchos durante más de 25 años para detectar los signos de cambio más temprano en la tierra pastoreada por el ganado y/o fauna.

El fundamento principal de esta metodología son tres requisitos básicos: que haya un número de muestras adecuado estadísticamente; que se distribuyan al azar las muestras y que la muestra sea sin dimensiones definidas.

A continuación se describen algunas de las acciones y pasos de esta metodología para obtener la información en cada transecto.

Primero se definió el punto de inicio y la dirección del transecto dentro del predio, luego se procedió como sigue:

- 1.- En un formato de registro se integró toda la información referente al transecto.
- 2.- Se lanzó el dardo al azar y se registró el tipo de cobertura o suelo desnudo.
- 3.- Se revisaba si arriba del punto había cubierta aérea de zacates, hierbas, arbustos o árboles y se registraba el tipo de cubierta aérea.
- 4.- Se determinó el grado de compactación o costra del suelo, en un radio de 15 cm alrededor del punto de muestreo.
- 5.- Se determinó el tipo de planta perenne más cercana al punto de muestreo.

6. - Se midió la distancia del punto de muestreo a la planta más cercana.
- 7.- Cuando el punto caía en el área basal de la planta, se registraba cero de distancia.
- 8.- Se estableció la clase de edad de la planta más cercana (plántula, planta joven, madura, decadente o rebrote)
- 9.- Se registró la forma de crecimiento de la planta más cercana (normal, vigorosa, sobredescansada, sobrepastoreada, soberramoneada, decadente) y el grado de pastoreo (ligero, moderado y severo).
10. - Se registró la especie de la planta.
11. - Se repitieron los pasos del 2 al 10 hasta completar los 100 puntos de muestreo.
12. - Se obtuvieron los totales de cada sección y la información que se obtuvo para cada transecto se presenta en un cuadro resumen para su interpretación.

3.6. Parámetros medidos

En los dos métodos de pastoreo se obtuvieron indicadores del medio biológico y físico.

3.6.1. Indicadores del medio biológico

Cobertura basal. Este indicador se calculó con base a la cobertura basal de las plantas. La cobertura basal es la proyección vertical de material de la planta hacia la superficie cuando es vista de arriba. Normalmente se toma en una altura de 2.5 cm para las plantas herbáceas y 140 cm para los árboles. El valor se expresa en porcentaje.

Cobertura aérea o del dosel. La cobertura del dosel o la cobertura de corona describe el área representada por la proyección vertical de follaje de la planta hacia la tierra. La cobertura del dosel está determinada como el perímetro de la planta en su plano

horizontal más ancho. Generalmente asume que pequeños huecos dentro del follaje son incluidos. El valor se expresa en porcentaje.

Cobertura o cubrimiento del suelo. La cobertura del suelo describe la proporción de superficie de suelo cubierta por algún tipo de material de protección, la cual normalmente incluye el mantillo, la grava, las piedras, micófitas, además del material vegetal en pie. Se expresa el valor en porcentaje y se determina: Cobertura del suelo = $100\% - \text{suelo desnudo}$.

Diversidad florística. Este indicador se calculó con base en la cantidad de especies presentes en el transecto y no en la comunidad vegetal. Se expresa en número de especies.

Resiliencia o capacidad del ecosistema de restituirse. Este indicador se obtuvo con base en la presencia de plántulas, plantas jóvenes, plantas decadentes o muertas y a la relación entre ellas.

Densidad. Este indicador se calculó a través del índice de distancia, mismo que se expresa en cm. Se realizaron pruebas de t.

3.6.2. Indicadores del medio físico

Suelo desnudo. Este indicador se calculó como: Suelo desnudo = $100\% - \text{Cobertura del suelo}$. El valor se expresa en porcentaje.

Erosión del suelo. Este indicador se calculó de manera cualitativa con base a la presencia o no de movimiento de suelo en la superficie del suelo. El movimiento del suelo se refiere a cualquier evidencia de erosión por viento o agua. Las evidencias son plantas o piedras en pedestales, muestras de flujo de agua, pequeños bancos, sedimentación en los puntos bajos o muestras de salpicadura. Se expresa el valor en porcentaje.

Compactación del suelo. Para evaluar este indicador se consideró la presencia de costra madura sobre la superficie del suelo. Se expresa en porcentaje.

Materia orgánica. Este indicador se evaluó con base a la presencia de materia orgánica en forma de mantillo. Existen dos tipos. El mantillo 1 se refiere a la capa de residuo sobre la superficie del suelo compuesta por hojas, tallos y estiércol; y el 2 se refiere a las capas de mantillo que están en descomposición e incorporándose al suelo. Se expresa en porcentaje.

3.7. Análisis de conjunto

Los indicadores biológicos y físicos que se obtuvieron en las dos formas de pastoreo se compararon y analizaron globalmente para valorar la salud del agostadero y así presentar las bondades del pastoreo holístico en la recuperación y conservación de las áreas de pastoreo.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Indicadores del medio biológico

4.1.1. Cobertura basal

La cobertura basal es un parámetro utilizado en la evaluación de la desertificación de los agostaderos. Se considera un indicador fundamental de los procesos ecológicos y de manejo dentro de la vegetación.

Este indicador fue mayor en las áreas de apacentamiento donde se usa el pastoreo holístico. Como se observa en la Figura 7 y en el Cuadro 3, la diferencia entre métodos de pastoreo más notable fue en el transecto uno.

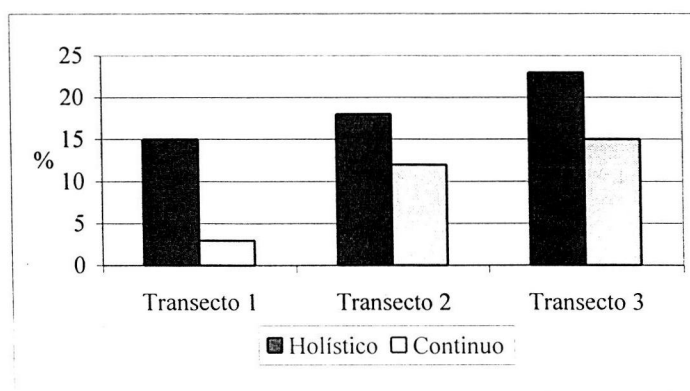


Figura 7. Cobertura basal por transecto, según método de pastoreo.

Asimismo, en el transecto tres fue donde se encontró la mejor cobertura en ambos sistemas de pastoreo. La cobertura basal que se obtuvo se ubica en un nivel aceptable, según el ASCHM (1999) en la mayoría de las comunidades dominadas por zacates raramente excede al 15%.

Cuadro 3. Cobertura de la superficie del suelo en % por transecto, según método de pastoreo.

Sistema de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Suelo desnudo	64	67	39	36	55	82
Mantillo 1	2	0	15	46	7	3
Mantillo 2	15	24	25	6	7	0
Roca	4	6	3	0	8	0
Base de la planta	15	3	18	12	23	15

4.1.2. Cobertura aérea o del dosel

La cobertura del dosel es significativa cuando se consideran los procesos ecológicos, particularmente cuando se incluyen las especies leñosas, ya que las medidas basadas en la cobertura basal no reflejan adecuadamente la magnitud de su influencia dentro de la vegetación. Asimismo, la cobertura del dosel se usa comúnmente para describir el hábitat de la fauna o para relacionar la disponibilidad de forraje.

Como se observa en el Cuadro 4, la cobertura del dosel en los tres transectos fue mayor en el predio donde se practica el pastoreo holístico. No obstante, en toda el área de estudio, la cobertura del dosel fue pequeña debido a la baja proporción de arbustos y árboles.

Cuadro 4. Cobertura aérea en % por transecto, según método de pastoreo.

Método de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Copa Zacate	0	0	0	0	2	0
Copa Arbusto	9	0	6	0	2	0
Copa Árbol	3	0	2	0	5	0

4.1.3. Cobertura del suelo

En general, la cobertura del suelo fue mas favorable en el predio con pastoreo holístico; como se observa en la Figura 8, éste indicador fue mayor en los transectos uno y tres, siendo más notable la diferencia en éste ultimó, no obstante, en el transecto dos, en el predio con pastoreo continuo, se tenía mejor cobertura del suelo, pero sin que la diferencia sea significativa, porque es de solo 3%, como se observa en el Cuadro 3.

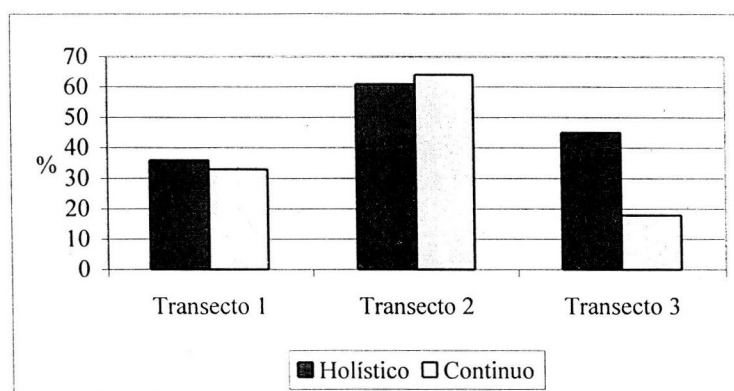


Figura 8. Cobertura del suelo por transecto, según método de pastoreo.

En general se considera que la cobertura del suelo fue menos adversa en el predio con pastoreo holístico porque en dos de los tres transectos este indicador fue mejor. En el transecto dos en el agostadero con pastoreo continuo, este indicador fue ligeramente mayor, la pequeña diferencia (3%) es poco relevante debido a que el mayor cubrimiento de suelo lo aporta la presencia de mantillo y en menor proporción la cobertura basal, mientras que en el pastoreo holístico es mayor la cobertura basal, lo cual es mas favorable en relación al funcionamiento ecológico debido a que contribuye más y de mejor manera la cobertura basal que el mantillo.

Conforme a la proporción de suelo cubierto que se observó en el agostadero y de acuerdo con las categorías que establece la FAO (1997), en el transecto uno, para ambos métodos de pastoreo, la cobertura se ubica en la categoría de media, mientras que en el transecto dos, para los dos métodos de pastoreo fue medianamente alta, y en el transecto tres en el pastoreo holístico fue media y en el continuo medianamente baja. Así, el cubrimiento promedio del suelo en los dos métodos de pastoreo se ubica en la categoría media.

La mayor proporción de cobertura basal, aérea y cubrimiento del suelo que se encontraron en el predio con pastoreo holístico favorecen las condiciones de la superficie del suelo al reducir la velocidad del viento sobre la superficie del suelo, también lo protegen de las temperaturas extremas y disminuyen la evaporación, además amortiguan la lluvia y mejoran su eficiencia (Whisenant, 1999).

4.1.4. Diversidad florística

La diversidad florística se obtuvo considerando únicamente la variedad de especies presentes en el monitoreo y no en la comunidad. También se estimó la abundancia relativa de cada una de las especies, esto es, el número de individuos de cada especie.

En la Figura 9 se observa mayor cantidad de especies en el predio con pastoreo holístico en los tres transectos. Por el contrario, para el pastoreo continuo en el transecto tres se encontró la menor diversidad de especies (5), todas de la familia de las gramíneas.

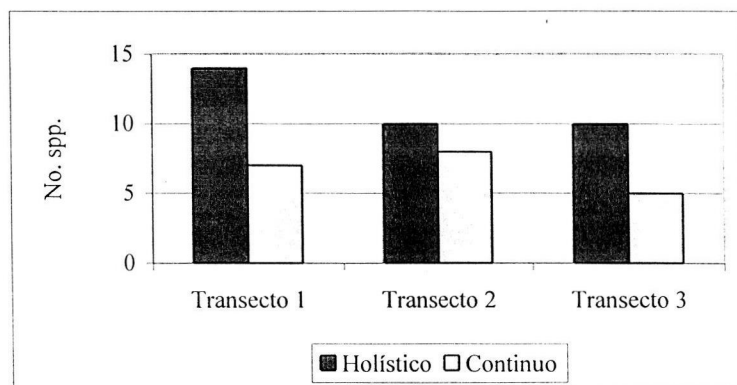


Figura 9. Diversidad florística por transecto, según método de pastoreo.

Conforme a la cantidad de especies que se encontraron en el agostadero y según la clasificación de la FAO (1997), en el transecto uno en el agostadero con pastoreo holístico, la comunidad vegetal se ubica dentro de la diversidad muy rica, mientras que en el pastoreo continuo fue media. En el transecto dos y tres, en el pastoreo holístico, la diversidad florística fue medianamente rica; en cambio en el pastoreo continuo, para esos mismos transectos fue media y medianamente pobre.

Al considerar el total de especies que se encontraron en todo el agostadero bajo pastoreo holístico, la diversidad se ubica en la categoría de muy rica, y en el pastoreo continuo en la medianamente rica.

De acuerdo al tipo de planta, en el agostadero predominaron las especies gramíneas (zacates) ya que en el transecto dos y tres todas las especies pertenecen a los zacates; mientras que en el transecto uno, de las catorce especies, doce corresponden a las gramíneas, una a las herbáceas y otra a las arbustivas.

En ambos métodos de pastoreo, la abundancia relativa por especie presentó una distribución que tiende a concentrar una mayor cantidad de individuos en una o dos especies. En el Cuadro 5 se observa que para el transecto uno en el pastoreo holístico, una sola especie concentra el 43% de los individuos; en este mismo transecto pero en el agostadero bajo pastoreo continuo otra especie agrupa el 46% de los individuos y así en los demás transectos.

Cuadro 5. Composición florística en % por transecto, según método de pastoreo.

Método de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Nombre científico de la especie	Porcentaje					
<i>Bouteloua gracilis</i>	9	9	3	3	4	24
<i>Bouteloua chondrosioides</i>	43	12	30	24	48	
<i>Brachiaria meziana</i>	9		31	28	2	
<i>Bouteloua curtipendula</i>	2		6		3	
<i>Heteropogon contortus</i>	1					
<i>Setaria geniculata</i>	2					
Muestra 1 (N I)	1	15				
<i>Aristida divaricata</i>	11			9	5	34
<i>Microchloa kunthii</i>	6	46	6	24	2	18
<i>Eragrostis intermedia</i>	1		6	3	18	18
Muestra 2 (N I)	10				6	6
<i>Paspalum dilatatum</i>	1					
<i>Setaria leucopila</i>			3			
<i>Lycurus phleoides</i>		12	6	6		
<i>Panicum hallii</i>			3			
Muestra 3 (N I)			6			
<i>Muhlenbergia porteri</i>		3		3		
<i>Hilaria mutica</i>					7	
<i>Rhynchelytrum repens</i>					5	
<i>Cyperus spp.</i>	3	3				
<i>Dodonaea viscosa</i>	1					
Suma	100	100	100	100	100	100

N I: No identificada.

Es bueno promover una mayor diversidad de especies para propiciar una mayor estabilidad ecológica, pero procurando siempre incrementar las especies forrajeras y con una distribución de individuos por especie mas uniforme.

4.1.5. Resilencia o capacidad del ecosistema de restituirse

En el predio con pastoreo holístico, la presencia de plantas jóvenes fue mejor en los transectos uno y tres, mientras que en el dos fueron similares. Solo en el transecto tres y en el predio con pastoreo holístico se encontraron plántulas aunque en baja proporción (1%). De la misma forma solo en este transecto se observaron plantas decadente siendo mas alta la presencia en el pastoreo continuo (Cuadro 6). Asimismo, a este método de pastoreo en los transectos dos y tres le fue adverso la mayor presencia de rebrotes.

Como se observa en el Cuadro 6, la relación entre plántulas y plantas jóvenes con respecto a las plantas decadentes y rebrotes fue mas desfavorable en el predio con pastoreo continuo. Lo anterior lo confirma la proporción de plantas maduras, puesto que en el transecto uno en el pastoreo continuo fue muy alta (94%) y, por el contrario, muy pequeña la presencia de plantas jóvenes (3%) y nula la presencia de plántulas. En el transecto dos, si bien la proporción de plantas jóvenes fue similar, la cantidad de plantas maduras disminuyó en parte porque se incrementaron los rebrotes. En el transecto tres, la estructura de edades de las planta también es desfavorable para el pastoreo continuo (Cuadro 6).

Las plantas en edad joven aseguran una adecuada renovación de la vegetación y así mejor estabilidad del agostadero, las cuales al ir madurando aumentan la cobertura basal individual y la producción de forraje, a la vez que disminuye el área desnuda del suelo.

Cuadro 6. Clase de plantas en % por transectos, según método de pastoreo.

Sistema de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Plántula	0	0	0	0	1	0
Joven	16	3	12	12	18	6
Madura	79	94	85	55	77	70
Decadente	0	0	0	0	2	21
Rebrote	5	3	3	33	2	3

La forma de la planta se refiere al tipo de crecimiento o distorsión que presenta por la influencia del pastoreo o del descanso. En el predio con pastoreo continuo se encontraron los indicadores mas adversos, ya que fue mayor la proporción de plantas moribundas en los transectos dos y tres, mientras que solo en el uno se hallaron plantas sobredescansadas en el pastoreo continuo como se observa en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Forma de las plantas en % por transecto, según método de pastoreo.

Sistema de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Normal	58	18	55	67	23	43
Pastoreada L	8	15	9	0	13	0
Pastoreada M	24	49	33	0	55	33
Pastoreada S	5	12	0	0	5	0
Sobredescansada	0	6	0	0	0	0
Sobrepastoreada	4	0	0	0	0	0
Moribunda	1	0	3	33	4	24

4.1.6. Densidad

La densidad de plantas se relaciona con la distancia entre plantas, así que a menor distancia mayor densidad.

La distancia promedio que se obtuvo entre el dardo y la planta más próxima en los tres transectos fue menor en el agostadero con pastoreo holístico. Como se observa en la Figura 10, en el transecto tres se obtuvo el menor índice de distancia y también se encontró la mayor diferencia entre agostaderos, ya que en el predio con pastoreo continuo la distancia fue 105% mayor que en el predio con pastoreo holístico. La mayor distancia entre plantas en los predios con pastoreo continuo significa que existe una mayor área de suelo desnudo y por lo tanto menor densidad de plantas, esto se corrobora con el valor que se obtuvo para el indicador de suelo desnudo.

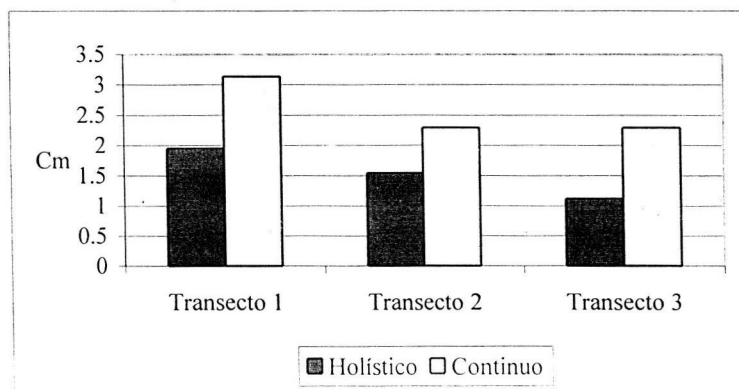


Figura 10. Índice de distancia por transecto, según método de pastoreo.

Con el análisis estadístico de esos valores mediante la prueba de t se obtiene una diferencia altamente significativa entre el predio con pastoreo holístico y continuo en los transectos uno y tres como se observa en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de t para la distancia del dardo a la planta más cercanas (cm), entre el predio con pastoreo holístico y pastoreo tradicional.

	Media	Desviación estándar
Pastoreo holístico	1.115	1.233
Pastoreo continuo	2.303	1.984
t	-4.074	
p	0.00008	
G. L.	131	

También la cobertura basal es un indicador de densidad de planta; por lo tanto, la densidad de plantas con base en éste presenta el mismo comportamiento por transecto y método de pastoreo que mostró la cobertura basal, el cual se explicó en párrafos anteriores.

La densidad de plantas en la superficie influye sobre el potencial de conversión de energía solar a forraje y en la capacidad para mantener el mantillo en su lugar y la cubierta del suelo; además, alta densidad de plantas favorece los ciclos del agua y minerales y una sucesión avanzada (Savory, 1988).

4.2. Indicadores del medio físico

4.2.1. Suelo desnudo

Como se puede observar en la Figura 11, la menor área de suelo desnudo se obtuvo en el transecto dos en ambos sistemas de pastoreo. En este transecto, la proporción de suelo desnudo en el predio con pastoreo continuo (36%) fue muy similar a la del pastoreo holístico (39%), la diferencia fue de 3% a favor del pastoreo continuo. Por el contrario, en los otros dos transectos la proporción de suelo desnudo fue menos adversa en el agostadero con pastoreo holístico, en el transecto uno la diferencia a su favor fue de 3%

y en el tres la diferencia fue mas notable (37%). Por consiguiente, en el agostadero con pastoreo holístico, el área de suelo desnudo fue menor. El comportamiento de suelo desnudo se relaciona y coincide con el que mostró la cobertura del suelo, debido a la relación inversa que existe entre estos dos indicadores.

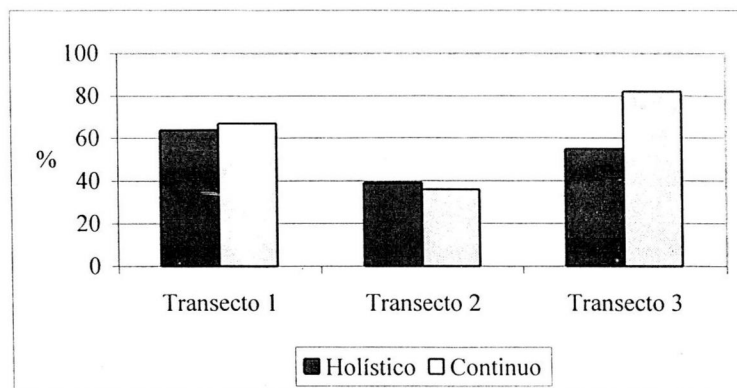


Figura 11. Suelo desnudo por transecto, según método de pastoreo.

4.2.2. Erosión del suelo

En la Figura 12, el predio con pastoreo continuo se distingue ampliamente por la mayor evidencia de erosión del suelo que en él se observó. En el transecto dos y tres fue donde se observó la menor y mayor evidencia de erosión, respectivamente. En el transecto tres en el predio con pastoreo holístico no se encontró evidencia alguna.

El comportamiento de la erosión del suelo por transecto y método de pastoreo presenta cierta relación con la proporción de suelo desnudo y suelo cubierto, ésta correlación es más visible en el transecto dos, donde se observó una menor evidencia de erosión del suelo, menor superficie de suelo desnudo y mayor proporción de suelo cubierto. En los otros transectos el comportamiento es menos claro pero presenta la misma tendencia.

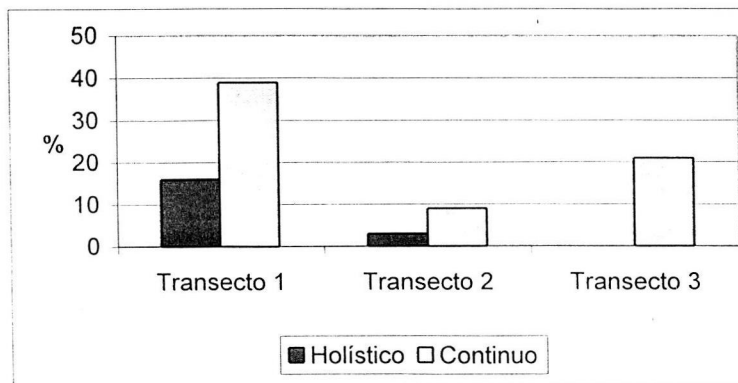


Figura 12. Superficie del suelo con evidencia de erosión por transecto, según método de pastoreo.

De acuerdo a la escala que propone la FAO (1997) y con base a la proporción de la superficie del suelo que presentó evidencias de erosión en el transecto dos en ambos métodos de pastoreo, la intensidad de la erosión fue muy leve. Mientras que en el transecto uno en el agostadero con pastoreo holístico fue leve, y en el pastoreo continuo osciló de media a medianamente fuerte. En el tres, en el pastoreo continuo fue medianamente leve.

Promediando los valores de los tres transectos el resultado muestra que en el agostadero con pastoreo holístico la intensidad de la erosión del suelo fue muy leve y en el continuo medianamente leve.

4.2.3. Compactación del suelo

El grado de compactación o costra sobre la superficie del suelo es tan importante como la cobertura de la superficie del suelo.

La costra madura es aquella que se forma por dar largos períodos de descanso al agostadero, la característica del suelo es que está cubierto de algas, líquenes y/u hongos y puede ser de color oscuro de apariencia costrosa. La costra inmadura es aquella que no ha sido rota en los últimos períodos de pastoreo y se ha formado en los últimos meses o años.

En el transecto dos, en ambos métodos de pastoreo se encontró la proporción de costra madura mas baja. Sin embargo, los resultados del transecto uno y dos en el agostadero con pastoreo holístico muestran una menor compactación y solo en el transecto tres el predio con pastoreo continuo presentó una menor compactación (Figura 13). No obstante, el promedio ponderado sigue siendo favorable para el pastoreo holístico.

En el agostadero con pastoreo holístico, en los tres transectos, se observó mayor proporción de suelo con costra rota lo cual es benéfico para la infiltración del agua de lluvia.

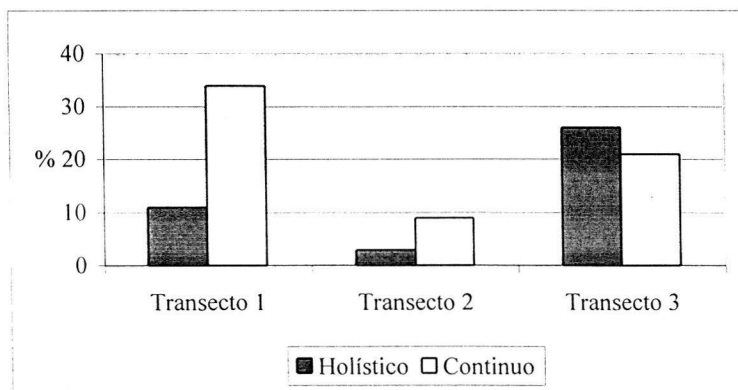


Figura 13. Superficie del suelo que presenta costra madura por transecto, según método de pastoreo.

Como se observa en el Cuadro 9, en el agostadero con pastoreo holístico se encontró menor proporción de suelo con costra madura y mayor superficie rota, así como mayor proporción de superficie cubierta. Estas características del suelo favorecen el ciclo hidrológico.

Cuadro 9. Condición del la superficie del suelo en % por transecto, según método de pastoreo.

Sistema de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Costra Madura	11	34	3	9	26	21
Costra Inmadura	15	12	3	9	5	18
Costra reciente	7	21	12	15	8	15
Superficie rota	31	0	21	3	16	28
Superficie cubierta	36	33	61	64	45	18

Con base a la proporción de la superficie del suelo que presentó costra madura y de acuerdo con la escala que propone la FAO (1997) para clasificar la compactación, en el transecto dos, en los dos métodos de pastoreo, la intensidad de la costra fue muy leve. En el transecto uno, en el pastoreo holístico fluctuó de muy leve a leve, mientras que en el pastoreo continuo fue media. En el tres, en ambos métodos de pastoreo, fue medianamente leve. Asimismo, el promedio de los transectos muestra que la compactación del suelo en el agostadero con pastoreo holístico fue leve y en el continuo medianamente leve.

4.2.4. Materia orgánica

El mantillo en la superficie del suelo, presentó una tendencia variable en los transectos uno y dos y solo en el tres se observó una tendencia clara.

En el agostadero con pastoreo holístico en el transecto tres fue mayor la presencia de mantillo. En los otros dos transectos, como se observa en el Cuadro 10, los resultados fueron contrarios, ya que en el transecto dos en el pastoreo continuo se observó mayor proporción de mantillo uno y menor del dos y en el transecto uno fue lo contrario. Sin embargo, la proporción de superficie con mantillo ponderada de los tres transectos es ligeramente mejor en el predio con pastoreo continuo. Pero al considerar únicamente el mantillo dos por ser el que aporta mas pronto minerales al suelo, los resultados que se obtuvieron en el agostadero con pastoreo holístico son mayores en el transecto dos y tres. Asimismo, el promedio de los tres transectos es mayor en el pastoreo holístico.

Cuadro 10. Superficie del suelo en % que presenta mantillo orgánico por transecto, según método de pastoreo.

Sistema de pastoreo	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo	Holístico	Continuo
Mantillo 1	2	0	15	46	7	3
Mantillo 2	15	24	25	6	7	0

4.3. Análisis de conjunto

En este apartado se valora el estado de los recursos del pastizal de acuerdo al análisis de conjunto que plantea la metodología para el monitoreo biológico de las tierras de pastizal (ASCHM, 1999), en donde los procesos básicos del ecosistema son los ejes rectores para determinar el estado o salud del agostadero en su conjunto.

Esa forma de análisis coincide con la que presentó en 1994 el Comité del Consejo Nacional de Investigación en Sistemas de Clasificación de Pastizales (Muir y McClaran, 1997), la cual recomienda que la valoración se base en la salud del pastizal y a su vez, la salud del pastizal debe juzgarse con varios indicadores, ya que el estado cambiante de

los recursos del pastizal involucra interacciones complejas que no pueden ser adecuadamente determinadas por un solo factor.

Así entonces, debe incluirse: el grado de estabilidad del suelo y función de la cuenca, el ciclo de nutrientes y flujo de energía, y presencia y funcionamiento de mecanismos de recuperación. Además, con estos indicadores puede evaluarse la salud del pastizal de acuerdo a tres categorías: saludable, en riesgo o enfermo.

Es así como en el análisis se incorporan elementos de las dos metodologías.

4.3.1. Dinámica de comunidades

Cobertura. Este indicador expresa mucho sobre el nivel sucesional de la comunidad. En ese sentido el agostadero con pastoreo holístico mostró un mayor cubrimiento del suelo, y por lo tanto, la comunidad se encuentra en mejor estado. Asimismo, en el agostadero con pastoreo holístico el mantillo 2 contribuyó más en la cobertura, lo cual es bueno, ya que es una condición previa para adelantar la sucesión.

Costra. El aspecto de la condición de la superficie del suelo tiene implicaciones profundas en el proceso de sucesión. La mayor proporción de suelo cubierto y menor proporción de costra madura que se encontró en el agostadero con pastoreo holístico expresa un mejor estado de la sucesión y es una señal de avance. Contrario a lo que se encontró en el agostadero con pastoreo continuo en donde fue mayor la proporción de suelo desnudo y la presencia de costra madura, lo cual es una señal de estancamiento o declive.

Movimiento del suelo. El suelo erosionado se relacionan con baja sucesión. Entonces en el agostadero con pastoreo holístico donde se observó la menor proporción de suelo erosionado fue mejor el estado de la sucesión. La menor presencia de erosión en la superficie del agostadero con pastoreo holístico significa que el grado de estabilidad del suelo y la función de la cuenca son mejores que en el agostadero con pastoreo continuo.

Tipo de planta y especies. La mayor diversidad florística que se encontró en el agostadero con pastoreo holístico revela mejor sucesionalidad.

Distancia promedio. Este índice de densidad de plantas es muy importante para comparar densidades, pero además es fundamental para interpretar los resultados en monitoreos posteriores debido a que es uno de los indicadores más sensibles a la tendencia del pastizal.

En el agostadero con pastoreo holístico se encontró el menor índice de distancia y plantas menos espaciadas, lo cual ayudó a sostener el suelo y el mantillo en el lugar y a guardar la cobertura del suelo, aspectos que contribuyen a mejorar el proceso de sucesión. En cambio, la mayor proporción de área desnuda y baja densidad de plantas que se encontraron en el agostadero con pastoreo continuo son señales de un ecosistema menos saludable o declinando.

Edad y forma de la planta. La mejor mezcla y número de plantas en la clase maduras, más joven y plántulas que se encontraron en el agostadero con pastoreo holístico determinan un mejor futuro de la comunidad. En cambio, la mayor proporción de plantas

Distancia promedio. Existe una fuerte relación entre la densidad de plantas, la retención de mantillo y el ciclo de agua. Por lo tanto, el menor índice de distancia y la mayor proporción de mantillo 2 que se encontraron en el agostadero con pastoreo holístico revelan condiciones superiores para un mejor ciclo del agua.

Edad y forma de las plantas. La presencia de plántulas y mayor proporción de plantas jóvenes que se encontraron en el agostadero con pastoreo holístico exhiben condiciones mejores para un ciclo de agua superior, porque esa clase de plantas logran sobrevivir y establecerse a mediano plazo; además, la proporción de mantillo 2 fue mayor, lo cual ayuda a cubrir el suelo y conservar la humedad. En cambio, el menor funcionamiento hidrológico en el agostadero con pastoreo continuo se manifiesta por la mayor presencia de plantas decadentes o muriéndose.

4.3.3. Ciclo de los minerales

Cobertura. La cobertura del suelo contribuye en forma directa al ciclo de los minerales a través del mantillo, sobre todo el mantillo 2. Por consiguiente, en el agostadero con pastoreo holístico fue mejor el reciclaje de nutrientes debido a la mayor presencia de mantillo 2.

Costra. La presencia de costra principalmente madura sobre la superficie del suelo comúnmente inhibe el ciclado mineral. Por lo tanto, en el agostadero con pastoreo holístico las condiciones fueron mayores para un ciclo mineral mejor.

Movimiento del suelo. La erosión del suelo implica pérdida de suelo y, a su vez, un descenso en el ciclo mineral. Entonces en el agostadero con pastoreo holístico la menor proporción de suelo erosionado favorece a un mejor ciclo de nutrientes.

Tipo de planta y especies. La mayor diversidad en tipo y especies que se encontraron en el agostadero con pastoreo holístico favorecen un mejor ciclo mineral, debido a que las plantas con raíces a diferente profundidad extraen más nutrientes del suelo.

Distancia promedio. Mayor densidad de plantas implica mejor ciclo mineral y mejores condiciones para conservar y hacer más estable la cobertura del suelo. Entonces, el agostadero con pastoreo holístico presenta condiciones superiores para un mejor ciclo de los minerales debido al menor índice de distancia.

4.3.4. Flujo de energía

Cobertura. A mayor cantidad de suelo desnudo menor flujo de energía. Entonces en el agostadero con pastoreo holístico la menor proporción de suelo desnudo que se encontró favorece a un mejor flujo de energía.

Costra. Tanto el suelo encostrado como el desnudo siempre indican menor potencial de flujo de energía, debido a que existe menos posibilidad de crecimiento orgánico y actividad del suelo. Por tanto, en el agostadero con pastoreo holístico la menor proporción de costra madura que se observó contribuye a un mejor flujo de energía.

Movimiento del suelo. La erosión afecta gravemente el flujo de energía porque implica suelo desnudo. Entonces, en el agostadero con pastoreo holístico la menor proporción de erosión del suelo favorecen a un mejor flujo de energía.

Tipo de planta y especies. La mayor diversidad florística involucra mas versatilidad de plantas con hojas de tipo medio y ancho y, por consiguiente, mayor flujo de energía. Además, la mayor diversidad involucra plantas verdes por un periodo mas amplio y así convierten más energía. Así, en el agostadero con pastoreo holístico la mayor cantidad y mejor mezcla de plantas que se encontró ofrecen mejores condiciones para un aumento en el flujo de energía.

Distancia promedio. La densidad más alta permite que un mayor volumen de hoja coseche más luz del sol. Entonces, el agostadero con pastoreo holístico presenta condiciones superiores para un mejor flujo de energía debido al menor índice de distancia.

Edad y forma de las plantas. La plantas sobrepastoreadas, sobredeacansadas, soberramoneadeadas o decadentes convierten menos energía porque tienen menor área de hoja verde expuesta a la luz del sol. Por tanto, el agostadero con pastoreo holístico presenta condiciones superiores para un mejor flujo de energía debido a que la presencia de este tipo de planta fue menor.

En el análisis de conjunto, los resultados revelan para cada método de pastoreo lo siguiente:

El agostadero con el método de pastoreo holístico exhibió condiciones superiores porque fue mejor el valor de los indicadores físicos y biológicos que se evaluaron.

Los mejores indicadores en el agostadero con pastoreo holístico reflejan un mejor estado del agostadero y por tanto constituyen condiciones favorables en beneficio del los procesos básicos del ecosistema.

Es así como el agostadero con pastoreo holístico presentó condiciones superiores para un mejor funcionamiento del flujo de energía, dinámica de comunidades, y ciclos del agua y de los minerales.

El mejor funcionamiento de los compartimentos del ecosistema favorece a un mayor funcionamiento del agostadero en su conjunto para el agostadero con pastoreo holístico.

En el agostadero con pastoreo continuo, los indicadores físicos y biológicos que se evaluaron fueron menores, por consiguiente, su estado y el funcionamiento de los procesos fundamentales del ecosistemas fueron inferiores, respecto al agostadero con pastoreo holístico.

En el predio con pastoreo holístico la salud del agostadero se ubica en la categoría de saludable debido a que su capacidad para satisfacer valores y producir bienes está siendo sostenida.

En el predio con pastoreo continuo, en los transectos uno y tres, la salud del agostadero muestra una tendencia de saludable a la de un agostadero en riesgo, ya que los recursos están indicando una pérdida reversible en la capacidad para satisfacer valores y producir bienes.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con base a la hipótesis y objetivo planteados en la presente investigación se concluye que el método de pastoreo holístico es un medio eficaz para recuperar y conservar las áreas de pastoreo, porque el agostadero en donde se aplica este método de pastoreo mostró mejores condiciones en el suelo y la vegetación para el funcionamiento del ecosistema, con lo que se beneficia el flujo de energía, dinámica de comunidades, y ciclos del agua y de los minerales.

El método de pastoreo holístico favorece mejores condiciones de cobertura basal y del suelo, mayor diversidad florística, densidad de plantas y contenido de materia orgánica, menor erosión del suelo y costra en el suelo en el agostadero. La mejora de estos indicadores refleja un estado superior del agostadero y, por lo tanto, constituyen condiciones favorables en beneficio de los procesos básicos del ecosistema.

El método de pastoreo holístico es mejor que el pastoreo continuo porque contribuye de mejor forma a conservar la base de los recursos naturales del agostadero y le permite comportarse como un recurso natural renovable y a que su capacidad para producir bienes y satisfacer valores sea sostenible.

5.2. Recomendaciones

Se conoce que el sobrepastoreo es el medio más común y extendido que produce la degradación de las áreas de pastoreo. Por lo tanto, para evitarlo es necesario impedir las causas que lo originan, entre otras medidas se sugieren:

Entender que el sobrepastoreo no es producto del pastoreo de muchos animales y que el ganado no devasta las áreas de pastoreo, quien lo hace es el hombre a través del desconocimiento, indiferencia y políticas públicas erróneas que promueven el uso inadecuado de los recursos naturales.

Considerar a la unidad de producción en su conjunto, porque en un momento dado otras prácticas de manejo del rancho pueden ser más importantes que el método de pastoreo. Entre otras, se pueden mencionar aquellas relacionadas a problemas de distribución de agua, insuficiente infraestructura productiva y deficiente sistema de mercado.

Implementar adecuados programas de manejo que asuman como eje principal el método de pastoreo para hacer del agostadero un recurso sostenible. Entre los aspectos más importantes a considerar está el periodo de pastoreo y de descanso o de recuperación del agostadero después del pastoreo, así como la carga animal.

Para que el método de pastoreo funcione se debe de poner mucha atención al implementarlo. Es fundamental dedicarle más tiempo del acostumbrado al rancho, tanto a la planeación como al seguimiento y control, así como para replantear el método si se requiere.

Para aplicar el método de pastoreo holístico o algún otro no necesariamente implica tener potreros de igual tamaño o de una forma determinada. En su implementación se debe de incorporar la infraestructura que ya se tiene y se puede ir creciendo a medida que las condiciones económicas lo permitan. En el diseño de los potreros se deben de tomar las bases o los principios bajo los cuales trabaja el método de pastoreo a implementar.

Es necesario considerar que los cercos son importantes para manejar el ganado y distribuirlo mejor en el rancho, sin embargo también existen otras prácticas que pueden aplicarse con el mismo fin, como el trazo de brechas de acceso para el ganado, rotación de saladeros y suplementaderos y control del acceso del ganado en los aguajes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ASCHM (The Allan Savory Center for Holistic Management). 1999. Early Warning biological Monitoring -Rangelands and Grasslands-. Albuquerque, New Mexico. USA.
- Blanco, M.S.E. 1997. Áreas de pastoreo. Manejo e importancia en la captación de lluvia para uso ganadero, agrícola, industrial y urbano. En: IV reunión nacional sobre sistemas de captación de lluvia. Torreón, Coah. México.
- Blanco, M.S.E. y R.R. Fierros. 1995. Formas de pastoreo. Traducción de la nota informativa de Allan Savory: Garzing Methods, Holistic Management Center, Alburquerque, N. México, E. U. A.
- Butterfield, J. 1996. Definiciones útiles. En: Quarterly. Edición especial. Albuquerque, NM. USA.
- CECAL-INIFAP. 1990. Datos climatológicos del Estado de Zacatecas. Calera, Zacatecas.
- CONAZA. 1994. Manejo y rehabilitación de los agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México. Saltillo, Coahuila, Méx. 113p.
- COTECOCA, 1980. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Zacatecas y Aguascalientes. COTECOCA, SARH. México, D. F. 257 p.
- COTECOCA, 1984. Los agostaderos de México. México, D. F. 269 p.
- Cook, W. C. 1971. Effects of season and intensity of use on desert vegetation. Utah Agric.Expt. Stn. Bull. 483. Logan, Utah, U.S.A.
- Cruz, M. S. 1986. Abonos Orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

- Dirección de Centros Regionales. 1990. Maestría en Desarrollo Rural Regional. Documento de creación. DCR. UACH. Chapingo, México.
- Delgado, Ch; M. Rosengrant; H. Steinfeld; S. Ehui y C. Courbois. 2000. La ganadería hacia el 2020: La próxima revolución alimenticia. FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- FAO, 1993. Desarrollo sostenible de tierras áridas y lucha contra la desertificación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO, 1996 . Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. FAO, UNDP, UNEP y Work Bank. Roma, Italia.
- FAO. 1997. Metodología Unificada para la Evaluación y Monitoreo de la Desertificación en América Latina. Indicadores de la desertificación. FAO-PNUMA-AGRIMED. Santiago, Chile.
- FAO. 2000. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2000. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2000.
- FAO. s/f(a). ¿Por qué Desarrollo Rural?. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <http://www.rlc.fao.org/prior/desrural/default.htm>
- FAO. s/f(b). Livestock & the Environment - Meeting the challenge. Food and Agriculture Organization of the United Nations, the United State Agency for International Development and the World Bank. Food and Agriculture Organization of the United Nations, the United State Agency for International Development and the World Bank. <http://www.Fao.org/docrep/X5305E>.
- FIRA. 1996. Administración Holística de los Recursos. Parte II. Boletín No. 282. FIRA-Banco de México, Morelia, Mich. México.

- FIRA. 1999. Agronegocios sostenibles. Alternativa para el desarrollo del sector rural y pesquero. Boletín No. 313. FIRA-Banco de México, Morelia, Mich. México.
- INEGI. 1981. Síntesis Geográfica de Zacatecas. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- INEGI-Gobierno del Estado de Zacatecas. Anuario Estadístico de Zacatecas. Edición 2000.
- Halpin, S. 1996. Modificar nuestra manera de tomar decisiones. Una introducción a la Administración Holística de los Recursos. En: Quarterly. Edición especial. Albuquerque, NM. USA.
- Heady, H.F. and D. Child. 1994. Rangeland Ecology and Management. Boulder, Colorado: Westview Press, 519 p.
- Huss, D. 1993. El papel del ganado doméstico en el control de la desertificación. PNUMA-FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Hutchinson, Ch. F. s/f. A Global Perspective on Land Uses in the Arid and Semiarid Zone. <http://ag.arizona.edu/agric/land-uses.html>.
- Ibarra, F. F. A. 1990. Importancia de los sistemas de pastoreo. Memorias de los festejos conmemorativos del 21 aniversario del CIPES. Octubre de 1990. <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/pastizales/P90001.html>.
- Ibarra, F. F. A. y Martín, R. M. H. 1987. ¿Cuál es la importancia del agostadero?. Revista Rancho No. 32, ene-feb. de 1987.
- Koohafkan, A. P. 1996. Desertification, drought and their consequences. Senior Officer, Environment and Sustainable Development. Environment and Natural Resources Service (SDRN). FAO Research, Extension and Training Division. Roma, Italia.

- Masera, O; M. Astier y S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación. MESMIS. GIRA-Mundi-Prensa-Instituto de Ecología. México. 109 p.
- Mata, G. B. y C. Villanueva V. 2001. México Rural: Políticas para su reconstrucción. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Montagne, C. and Orchard, Ch. s/f. Holistic Management Gets Results in the Northern Rockies. http://www.holisticmanagement.org/art_nrockies.cfm?.
- Muir, S., McClaran, M. P. 1997. Principles of Rangeland Science and Management Chapter 5. Rangeland Inventory, Monitoring, and Evaluation Arizona, USA. <http://ag.arizona.edu/agnic/knowledge/chapter5>.
- Ortiz, S. C. 1984. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. Dpto. de suelos UACh, Chapingo, México.
- Peralta, M. y Espinoza. 1994. Uso, clasificación y conservación de suelo. SAG. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 340 p.
- Ramírez, M. F. y Martín, R. M. H. 1989. ¿Cómo nació el sistema de pastoreo savory o de corta duración?. Revista Rancho No. 48, Sep- Oct de 1989.
- Ramachandran, N. P. K. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 543 p.
- Rubio, L y Rocatalá, L. 1998. Desertificación en Europa. En: IV reunión nacional sobre sistemas de captación de lluvia. Torreón, Coah. México.
- Savory, A. 1988. Holistic resource management. Island Press. Albuquerque, NM. USA.
- Savory, A. 1996a. Reversing desertification. En: Quarterly. No. 50 p 1-3. Albuquerque, NM. USA.

Savory, A. 1996b. Cómo iniciarse en el holismo. Administración holística de los recursos.

Curso de actualización. En: Quarterly. Edición especial. Albuquerque, NM. USA.

Savory, A. 1996c. Biological Planning. En: Quarterly. No. 50 p 10-11. Albuquerque, NM. USA.

Savory, A. 2000. Taking a Holistic Approach. Preventing Wildfires through Proper

Management of the National Forests Oversight Hearing conducted by the House

Subcommittee on Forests and Forest Health August 14, 2000, Albuquerque, New

México. <http://www.holisticmanagement.org/>

SRM. 1989. A glossary of terms used in range management. 3rd. ed. Soc. Range Manage.,

Denver, Colorado, U.S.A.

UNAM. 1970. Carta de climas. Zacatecas 13Q-II. UNAM, Instituto de Geografía. México, D.

F.

Vanderburg, A. y Halpin, S. 1996. Las herramientas que utilizamos. En: Quarterly. Edición

especial. Albuquerque, NM. USA.

Vivien, G. A. 1991. Terminology for grazing lands and grazing animals.

http://www.forages.css.orst.edu/Topics/Pastures/Grazing/Terminology/grazterm_body.html.

Wayne, H. C. y Archer, S. 1998. 1998. Los ecosistemas de pastizales del sur de Texas las

claves de la sustentabilidad. A workshop on grazinglands management in a semi-arid

region of South Texas and Northern Mexico. Laredo, Texas, June 25-26, 1998. .

<http://cnrit.tamu.edu/cgrm/whatshot/workshop3.html>

White, M. L. 1973. Reservas de carbohidratos en los zacates. Una revisión bibliográfica. En:

Selecciones del Journal of Range Management. Vol. 2, No. 2 pp 19-27.

Whisenant, G. S. 1999. Revegetating Semiarid Rangelands. A workshop about natural rescue

management and conservation in a semi-arid region of South Texas and Northern

Mexico. Monterrey, Mex, Jan 27-29.

<http://cnrit.tamu.edu/cgrm/whatzhot/workshop3.html>

Williams, R. E. et al. 1968. Conservation development and use of the world's rangelands. J.

Range Manage. 21: 355-360.

Wilson, A. M., Harris, G. A. y Yates, D. H. 1966. Accumulative effects of clipping and yield of

Blue-Bunch wheatgrass. J. Range Manage, 19: 90-91.

