



**INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.**

División de Ciencias Ambientales

**Evaluación participativa del efecto de la intensidad de pastoreo
en la funcionalidad ecohidrológica de agostaderos del ejido La
Soledad, Reserva de la Biósfera de Mapimí.**

Tesis que presenta:

Ricardo Ismael Mata Páez

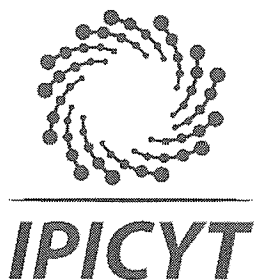
Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias Ambientales

Codirectoras:

Dra. Elisabeth Huber- Sannwald

Dra. Natalia Martínez Tagüeña



Constancia de aprobación de la tesis

La tesis "*Evaluación participativa del efecto de la intensidad de pastoreo en la funcionalidad ecohidrológica de agostaderos del ejido La Soledad, Reserva de la Biósfera de Mapimí*" presentada para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Ambientales fue elaborada por **Ricardo Ismael Mata Páez** y aprobada el once de enero del dos mil diecinueve por los suscritos, designados por el Colegio de Profesores de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Dra. Elisabeth Huber- Sannwald
Codirectora de la tesis

Dra. Natalia Martínez Tagüeña
Codirectora de la tesis

Dr. José Tulio Arredondo Moreno
Miembro del Comité Tutoral

Dr. Víctor Manuel Reyes Gómez
Miembro del Comité Tutoral



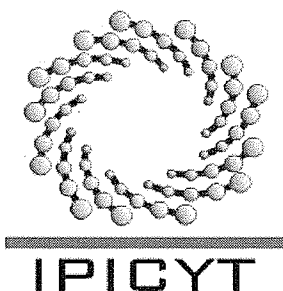
Créditos Institucionales

Esta tesis fue elaborada en la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., bajo la codirección de la Dra. Elisabeth Huber-Sannwald y la Dra. Natalia Martínez Tagüña.

Durante la realización del trabajo el autor recibió una beca académica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (No. 611374) y del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de CONACYT, a través del proyecto SEP-CB-2015-01-251388.

El autor de esta tesis recibió recursos financieros por parte de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. para la divulgación de los resultados parciales de la investigación en un congreso internacional.



Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Acta de Examen de Grado

El Secretario Académico del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., certifica que en el Acta 067 del Libro Primero de Actas de Exámenes de Grado del Programa de Maestría en Ciencias Ambientales está asentado lo siguiente:

En la ciudad de San Luis Potosí a los 11 días del mes de enero del año 2019, se reunió a las 12:00 horas en las instalaciones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., el Jurado integrado por:

Dr. José Tulio Arredondo Moreno	Presidente	IPICYT
Dra. Natalia Martínez Tagüeña	Secretaria	IPICYT
Dra. Elisabeth Huber- Sannwald	Sinodal	IPICYT

a fin de efectuar el examen, que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

sustentó el C.

Ricardo Ismael Mata Páez

sobre la Tesis intitulada:

Evaluación participativa del efecto de la intensidad de pastoreo en la funcionalidad ecohidrológica de agostaderos del ejido La Soledad, Reserva de la Biósfera de Mapimí.

que se desarrolló bajo la dirección de

Dra. Elisabeth Huber- Sannwald
Dra. Natalia Martínez Tagüeña

El Jurado, después de deliberar, determinó

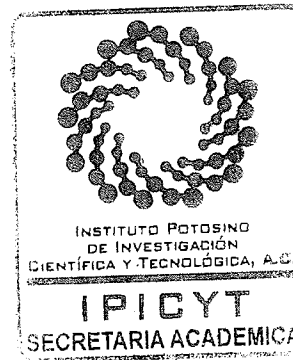
APROBARLO

Dándose por terminado el acto a las 14:35 horas, procediendo a la firma del Acta los integrantes del Jurado. Dando fe el Secretario Académico del Instituto.

A petición del interesado y para los fines que al mismo convengan, se extiende el presente documento en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, a los 11 días del mes de enero de 2019.

Dr. Horacio Flores Zúñiga
Secretario Académico

Mtra. Ivonne Lizette Cuevas Vélez
Jefa del Departamento del Posgrado



Agradecimientos

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A la Dra. Elisabeth Huber-Sannwald por integrarme en su grupo de investigación, por compartir su conocimiento y experiencia, por su paciencia, por su dedicación y esfuerzo; y por su excelente trato hacia mi persona en todo el proceso de este trabajo.

A la Dra. Natalia Martínez Tagüeña por todos sus consejos acerca del enfoque participativo, por su confianza y ánimo, por su dedicación y por su excelente trato hacia mi persona en todo el proceso de este trabajo.

A mis asesores; el Dr. Víctor Manuel Reyes Gómez y el Dr. José Tulio Arredondo Moreno por compartir su conocimiento y experiencia; y por sus importantes contribuciones para la realización de este trabajo.

Al Ing. Juan José López Pardo por su colaboración en todos los trabajos de campo, por su apoyo en laboratorio y por su amistad.

A Ruperto Cázares Reyes y Jorge A. Urquidi Macías por compartir su conocimiento, por su confianza y por su colaboración en los trabajos de campo. También, a todos los pobladores de la Reserva de la Biosfera de Mapimí, por su calidez y su disposición para colaborar.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la obtención de este grado, así como, a la División de Ciencias Ambientales (DCA) y al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. (IPICYT), por las facilidades brindadas para la realización de la maestría.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), al director de la Reserva de la Biosfera de Mapimí el M.C. Cristino Villarreal Wislar y su grupo de trabajo; por su colaboración y la autorización para la realización de este trabajo.

A los técnicos académicos de la División de Ciencias Ambientales: a la M.C. Alejandra Colunga Álvarez y al M.C. Juan Pablo Rodas Ortiz, por el apoyo brindado en los trabajos de laboratorio.

A María Guadalupe Arriaga Castillo, por toda la ayuda administrativa brindada.

Dedicatoria

Al complejo y maravilloso mundo natural en donde vivimos, el cual es la razón de lo que hago en mi vida profesional, por lo que espero que este trabajo sea un granito de arena para comprenderlo mejor

A Sandra, quien es mi compañera de vida, mi motivación para intentar ser de los mejores, mi inspiración para seguir y mi puerto seguro.

A mis padres, Manuel Mata e Hilda Páez, quienes me han brindado amor, comprensión y apoyo toda mi vida. “Orgullo y Perseverancia”.

A mis hermanos, Celeste y Maximiliano, quienes son mi inspiración para ser un buen ejemplo.

A mi abuelita, Basilia, quien ya no se encuentra conmigo, pero quien siempre fue fuerte frente a las adversidades de la vida y me motiva a hacer lo mismo.

A mis amigos y colegas, Juanjo, Francisco, Chuy, Carmen, Andrea, Dulce, Lilia, Mariana, Saul, Ivan, Edgar, Claudia y Mónica, quienes me acompañaron con su amistad en la maestría.

Índice

Índice de Figuras	ix
Índice de Cuadros	xi
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introducción	1
2. Preguntas de investigación.....	7
3. Hipótesis.....	7
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Materiales y Métodos	8
5.1. Descripción del sitio de estudio	8
5.2. Determinación participativa de los aspectos socioeconómicos clave para el manejo ganadero en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.	9
5.3. Selección de sitios de estudio	12
5.3.1. Ejido La Soledad	12
5.4. Zonificación de la Intensidad de pastoreo en el ejido La Soledad.....	14
5.5. Diseño de muestreo.....	15
5.6. Estructura y composición de la vegetación.....	16
5.7. Simulaciones de lluvia,	16
5.8. Salud del suelo	17
5.9. Generación de índices locales para la evaluación de la funcionalidad del paisaje	19
5.10. Análisis estadísticos	22
6. Resultados	27

6.1.	Aspectos socioeconómicos clave para el manejo ganadero en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.....	27
6.2.	Características generales del paisaje.....	29
6.3.	Simulaciones de lluvia.....	30
6.4.	Diagrama general de la relación de las unidades de vegetación en el paisaje.	32
6.5.	Zonificación de la intensidad de pastoreo.....	32
6.6.	Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo en la composición y estructura de la vegetación.....	34
6.6.1.	Riqueza y diversidad.....	34
6.6.2.	Cobertura de la vegetación.....	38
6.7.	Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo sobre características del suelo	41
6.7.1.	Textura del suelo.....	41
6.7.2.	Densidad aparente.....	41
6.7.3.	Contenido de carbono orgánico y nitrógeno total.....	42
6.8.	Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo sobre la funcionalidad del paisaje	43
6.8.1.	Índices de organización del paisaje.....	43
6.8.2.	Índices de la salud del suelo.....	44
6.9.	Índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero.....	46
7.	Discusión.....	48
7.1.	El paisaje de La Soledad.....	50
7.2.	Efecto de la ganadería en la multifuncionalidad del paisaje de La Soledad.....	51
8.	Conclusiones e Implicaciones para el manejo ganadero en La Soledad.....	55
9.	Referencias.....	56
10.	Anexos.....	65
10.1.	Anexo 1. Cuestionario 1.....	65
10.2.	Anexo 2. Cuestionario de los aspectos socioeconómicos más importantes para el manejo ganadero.....	70

10.3.	Anexo 3. Tabla de coordenadas de los gradsects con las claves de las dunas, llanos y mogotes y la distancia al aguaje más cercano en metros. Las coordenadas corresponden a formato UTM, datum WGS84 zona 13N.....	73
10.4.	Anexo 4. Formatos de indicadores locales de la funcionalidad del paisaje por duna, llano y mogote, respectivamente.	74
10.5.	Anexo 5. Componentes principales de los indicadores relevantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Obtenidos a partir del análisis ACP.....	77
10.6.	Anexo 6. Valores de largo y ancho de las dunas, llanos y mogotes medidos en el ejido La Soledad.	78
10.7.	Anexo 7. Lista de nombres locales y científicos de las especies presentes en la asociación duna-llano-mogote de La Soledad.	81
10.8.	Anexo 8. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basados en la abundancia de las especies de las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogote.	82
10.9.	Anexo 9. Resultados de la prueba SIMPER de duna, llano y mogote.	83
10.10.	Anexo 10. Medias (\pm error estándar) de índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).	84

Índice de Figuras

- Figura 1. Mapa de localización de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (polígono rojo entre los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua). En la ampliación se muestra en rojo el ejido La Soledad, dentro de los límites de la RBM..... 9
- Figura 2. Mapa de localización del ejido La Soledad en la RBM. 13
- Figura 3. Diagrama de la estructura del sistema socio-ecológico, los principales actores presentes y sus interacciones con los factores internos y externos de la RBM. Las flechas representan las interacciones, las líneas punteadas corresponden a interacciones intermitentes, las líneas sólidas a interacciones constantes y entre más gruesas más fuerte la relación..... 27
- Figura 4. Hidrogramas de escurrimiento en suelo seco y en suelo húmedo (después de 30 minutos del último evento de lluvia) en: a) dunas, b) llanos y c) mogotes a una intensidad de lluvia promedio de 45 mm/h. En el eje “y” se presenta el coeficiente de escurrimiento en porcentaje y en el eje “x” el tiempo en minutos. Cada una de las 5 líneas de cada figura representan una repetición..... 31
- Figura 5. Diagrama simplificado de la relación ecohidrológica entre las tres unidades de vegetación (duna, llano y mogote). 32
- Figura 6. Mapa con zonificación del ejido La Soledad, generado a partir de los abrevaderos permanentes identificados y georreferenciados en los transectos guiados por los ejidatarios. Los potreros 1, 2 y 3 son los que actualmente usa el grupo de trabajo de La Soledad..... 34
- Figura 7. Curvas rango-abundancia relativa de las especies presentes en las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogotes, donde el eje x representa las especies ordenadas de acuerdo con su importancia y el eje y representa el número total de individuos. El significado de los códigos se puede consultar en el Anexo 6..... 37
- Figura 8. Gráficos de barras de medias (\pm error estándar) de porcentajes de las coberturas de las especies forrajeras y costra biológica en las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogotes. Las especies que se muestran: calderona (CAL; *Krameria grayi*), costra biológica (COSTRA), engorda cabras (EC; *Lycium berlandieri*), gobernadora (GOB; *Larrea tridentata*), mariola (MAR; *Parthenium incanum*), nopal rastrero (OP; *Opuntia rastrera*), nopal cegador (OP; *Opuntia microdasys*), mezquite (PG; *Prosopis*

glandulosa), pasto sporobolus (SPO; *Sporobolus contractus*), Tatalencho (TAT; *Menodora scabra*), zacate borreguero (ZB; *Dasyochloa pulchella*), sabaneta (HM; *Hilaria mutica*), jazmín (JAZ; *Aloysia wrightii*) y orégano (OR; *Lippia graveolens*).
 40

Figura 9. Graficas de barra de las medias (\pm error estándar) de índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote)..... 47

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Atributos socioeconómicos importantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero de la RBM, determinados a partir del cuestionario 1 (Anexo 1), aplicado a pobladores de toda la RBM.....	11
Cuadro 2. Intensidades de pastoreo determinadas por medio del conocimiento local y la distancia a los aguajes permanentes.....	15
Cuadro 3. Parches e inter- parches evaluados con el SSA por unidad de vegetación, elegidos en campo por el equipo de investigación participativa (Tongway and Hindley, 2004).	18
Cuadro 4. Métodos de cálculo de los índices de organización de paisaje, de biodiversidad y de salud del suelo (Tongway and Hindley, 2004) por unidad de vegetación en los gradsects.....	24
Cuadro 5. Indicadores con mayor peso en el cálculo de los componentes principales elegidos, resultados del análisis de componentes principales (ACP), y atributos a los que pertenecen.	28
Cuadro 6. Valores de los “largos” de las unidades de vegetación en el ejido La Soledad... 29	29
Cuadro 7. Medias (\pm error estándar) de las heces del ganado bovino, equino y caprino en las unidades de vegetación duna, llano y mogote y las intensidades de pastoreo; alta, media y baja.	33
Cuadro 8. Media (\pm error estándar) de la riqueza y el índice de Shannon de las tres intensidades (alta, media y baja) en las unidades de vegetación: duna, llano y mogote.	35
Cuadro 9. Media (\pm error estándar) de los porcentajes de cobertura vegetal total y de suelo desnudo de las tres intensidades (alta, media y baja) en las unidades de vegetación. 38	38
Cuadro 10. Medias (\pm error estándar) de los porcentajes promedio de las partículas del suelo dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) y en suelo desnudo, por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).	41
Cuadro 11. Medias (\pm error estándar) de densidad aparente y del contenido de nitrógeno y carbono dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para	

duna, llano y mogote, respectivamente) y en el suelo desnudo, por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).	42
Cuadro 12. Medias (\pm error estándar) de índices de organización del paisaje por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).	44
Cuadro 13. Medias (\pm error estándar) de índices de la salud del suelo dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) y en el suelo desnudo por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).	45

Resumen

Evaluación participativa del efecto de la intensidad de pastoreo en la funcionalidad ecohidrológica de agostaderos del ejido La Soledad, Reserva de la Biósfera de Mapimí.

Palabras clave: agostaderos, zonas áridas, enfoque participativo, efecto del pastoreo.

Los agostaderos son importantes sistemas socio-ecológicos, donde se llevan a cabo actividades con relevancia económica, histórica y cultural como la ganadería. Tal es el caso de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM), donde la ganadería es la principal actividad económica y donde existen iniciativas del gobierno para implementar cambios en el sistema de pastoreo en los agostaderos de la RBM para combatir la degradación. Sin embargo, en los agostaderos existen estrechas relaciones entre la vegetación, el agua y el suelo, por lo que es de vital importancia conocer cómo funciona el terreno y su sistema de pastoreo antes de implementar dichos cambios en el SSE. En este estudio se evaluó el impacto histórico de la ganadería sobre la funcionalidad ecohidrológica en los agostaderos del ejido La Soledad de la RBM y se identificaron las causas socioeconómicas principales de dicho impacto. El estudio se llevó a cabo en colaboración con los pobladores de la reserva, por medio de un enfoque participativo, el cual, busca combinar el conocimiento local/tradicional y el científico para coger conocimiento para la resolución de problemas. A nivel de la RBM se aplicaron entrevistas estructuradas para determinar los aspectos socioeconómico más relevantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero. A su vez, en el ejido La Soledad, se identificaron los abrevaderos permanentes, por medio de los cuales se determinó un gradiente de intensidad de pastoreo con tres niveles: alta, media y baja. Se identificaron tres unidades de vegetación presentes en el ejido: dunas, llanos (zonas amplias de suelo desnudo) y mogotes (bandas de vegetación). Se establecieron seis gradsects, que abarcaron las tres unidades de vegetación, por cada intensidad de pastoreo, que sirvieron para determinar el efecto de la ganadería sobre la estructura y composición de la vegetación y sobre la salud del suelo, además, se generaron índices de evaluación de la funcionalidad de los agostaderos con el conocimiento local. El enfoque participativo permitió la creación de relaciones de colaboración y confianza entre los investigadores y los pobladores y un mayor intercambio de conocimientos y técnicas a ambos lados. Los cambios provocados por los programas de gobierno, así como la gobernanza de las comunidades locales son los principales factores que influyen en el manejo ganadero. De forma general, el pastoreo prolongado afecta negativamente la estructura y composición de la vegetación de las dunas, llanos y mogotes, mayormente, a través del cambio en las abundancias de algunas especies, sin embargo, las tres unidades de vegetación responden diferente a los disturbios, lo que tendrá que ser tomado en cuenta para el diseño de planes de manejo ganadero adaptativos en el área.

Abstract

Participatory assessment of the effect of grazing intensity on the ecohydrological functionality of rangelands of the ejido La Soledad, Mapimí Biosphere Reserve.

Key words: rangelands, arid zones, participatory approach, effect of grazing.

Rangelands are important socio-ecological systems, where some activities with economic, historical and cultural importance are carried out, as the livestock rising. This is the case of the Reserve of the Biosphere of Mapimí (RBM), where the cattle grazing is the main economic activity and where changes in the grazing system have been promoted by government in order to combat the degradation. However, there are strong relations between the water, the plants and the soil in the rangelands, for that reason, is very important to understand the functionality of the system before implementing those changes. In this study, we assess the historical impact of cattle grazing on the ecohydrological functionality in the ejido La Soledad, RBM and we identified the main socioeconomic causes of this impact. The study was carried out in collaboration with the local people of the reserve, implementing a participatory approach, which seeks the combination of the local / traditional and the scientific knowledge in order to solve local problems. At the level of the RBM, structured interviews were applied to determine the most relevant socioeconomic aspects for decision making in livestock management. At the same time, in the ejido La Soledad, permanent drinking troughs were identified for the establishment of a grazing intensity gradient, which had three levels: high, medium and low grazing intensity. Three units of vegetation present in the ejido were identified: dunes, plains (bare soil) and mogotes (bands of vegetation). Then, six gradsects were established, covering the three units of vegetation, for each intensity of grazing, which served to determine the effect of livestock on the structure and composition of the vegetation and on the health of the soil, in addition, indexes for the evaluation of the functionality of the rangelands were generated with local knowledge. The participatory approach enhanced the creation of collaborative relationships and trust between the locals and the scientists, which allowed a greater exchange of knowledge and techniques on both sides. The changes caused by government programs, as well as the governance of local communities are the main factors that influence livestock management. In general, prolonged grazing has negative effects on the structure and composition of the vegetation of the dunes, plains and mogotes, mostly through the change in the abundances of some species, however, all three of the vegetation units respond differently to the disturbance, this has to be taken into account for the design of adaptive livestock management plans in the area.

1. Introducción

Las zonas áridas y semiáridas cubren más del 40% de la superficie de la Tierra continental y son de gran importancia debido a que en ellas vive el 35% de todas las personas (UNCCD, 2012). Dentro de estas zonas, se encuentran los agostaderos (en inglés ‘rangelands’), los cuales, incluyen pastizales, sabanas y humedales, que son ecosistemas donde pueden pastorear animales aprovechables por el humano (Williams et al., 1968). Éstos proveen servicios ecosistémicos de soporte, regulación, abastecimiento y culturales indispensables para el bienestar del humano, como la captura de carbono, captura y almacenamiento de agua de lluvia, producción de forraje, producción de carne, producción de lana y otras fibras, por mencionar algunos. (MEA, 2005; Safriel et al., 2005). Por lo que se puede decir que, los agostaderos son sistemas, en los cuales existen estrechas relaciones entre la dimensión biofísica y social, donde también se tienen presentes servicios culturales como la identidad y el conocimiento local (Roba and Oba, 2009). También en ellos se llevan a cabo actividades productivas de gran importancia económica y cultural como la ganadería, de la que dependen millones de personas en el mundo (Box, 2013a, 2013b; Odadi et al., 2017).

Estas relaciones entre el subsistema socioeconómico y el biofísico indican que los agostaderos son sistemas complejos (Hruska et al., 2017), por lo que, es conveniente adoptar el marco de estudio de sistemas socio-ecológicos (Walker et al., 2009, 2002). Éstos poseen propiedades emergentes como la resiliencia, cuyo concepto fue introducido en la ecología por primera vez por Holling (1973) para explicar la capacidad de los ecosistemas para soportar perturbaciones, permaneciendo en un estado original, sin embargo, dicho concepto ha ido evolucionando para considerar el dinamismo inherente en los SSE (Folke, 2006). Por lo tanto, la resiliencia se define como “la capacidad de un sistema para absorber disturbios y reorganizarse mientras experimenta cambios, conservando, esencialmente, la misma función, estructura, identidad y retroalimentaciones” (Walker et al., 2004); en pocas palabras, es la capacidad de un SSE para mantenerse en un mismo régimen. Un régimen en el sistema puede ser definido como una “cuenca de atracción”, donde pueden ocurrir diferentes estados estables y cuyas dimensiones están definidas por un conjunto de variables clave que tienen umbrales de cambio (Folke et al., 2010; Huber-Sannwald et al., 2012). Los umbrales corresponden al nivel o cantidad de una variable clave, que normalmente tienen tasas de cambio lentas con respecto a los procesos de manejo y provisión del SSE (Biggs et al., 2012),

en los cuales, un cambio puede ser causado por retroalimentaciones producidas por variables conductoras internas o externas al sistema (perturbaciones), pudiendo ocasionar que el SSE se autoorganice en un cambio de régimen (Folke et al., 2010; Walker et al., 2004, 2012).

En los agostaderos áridos y semiáridos, donde el recurso limitante principal es el agua, se han notado los efectos del cambio climático, en forma de: alteraciones en la frecuencia de desastres naturales como: sequías o inundaciones, aumentos de temperatura, entre otros (FAO, 2008; Safriel et al., 2005; UNCCD, 2016a). Aunado a esto, las actividades humanas han mermado la capacidad de los ecosistemas de regular los efectos de dichos cambios y de proporcionar los servicios ecosistémicos necesarios (Safriel, 2017), provocando una disminución de la resiliencia de los SSE de las zonas áridas, lo que se traduce en degradación. La degradación de la tierra es definida como la reducción de la productividad biológica y económica (Pickup, 1996), así como la reducción en la complejidad de los ecosistemas terrestres, pues no solo incluye la degradación del suelo, sino que también la degradación de la vegetación (Grainger, 2015; Stavi and Lal, 2015). Se estima que alrededor del 69.5% de las zonas áridas en el mundo tienen algún grado de degradación (Cherlet et al., 2018) y en México, por su parte, se tiene un 65% de su territorio terrestre con desertificación (SEMARNAT, 2003).

Sin embargo, hablar del origen de esta degradación es un tema complejo, derivado de la interacción de los pobladores y sus actividades económicas, la gobernanza y las políticas públicas (Bedunah and Angerer, 2012; Ostrom, 2009). Las causas principales son: el sobrepastoreo; que se traduce en una incapacidad de recuperación de los recursos del agostadero, causado por una carga de herbívoros domésticos alta o por tiempos de uso prolongados; la sobreexplotación de recursos maderables y la pérdida de la fertilidad del suelo, estas a su vez son el resultado de factores socioeconómicos y políticos (Bedunah and Angerer, 2012; Grainger, 2015; Verstraete et al., 2009). De hecho, son principalmente los factores socioeconómicos los que influyen en el funcionamiento de los agostaderos; éstos incluyen: el creciente mercado de carne y productos de leche a nivel nacional e internacional (Bodirsky et al., 2015), la infraestructura como cercas y caminos, principalmente asociados a privatización de tierras comunes (Basupi et al., 2017; Duniway et al., 2010), el acceso a programas de subsidios (Dodd, 1994; Rasch et al., 2017; Walker et al., 2009) y la pobreza de

los locales (Dodd, 1994). Algunos sociales: como las costumbres (Bedunah and Schmith, 2006; Groom and Western, 2013; Roba and Oba, 2009), los conocimientos y educación de los pobladores locales (DiTomaso, 2000; Roba and Oba, 2009) e incluso políticos como: el cambio de leyes (Han et al., 2008) y la toma de decisión para su manejo y su impacto potencial en la tenencia de la tierra, gobernanza ambiental, entre otros (Ostrom, 2007).

La degradación de la tierra es un tema que recibe mucha atención tanto de los gobiernos como de los científicos (Benjaminsen, 2017) por lo que existen instituciones internacionales dedicadas a su combate, tales como la Comisión de las Naciones Unidas para el Combate de la Desertificación (UNCCD), la cual opera desde el año 1994 (UNCCD, 2012) para combatir la desertificación y recientemente lanzo el marco conceptual, Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT). El cual tiene como objetivo general evitar las pérdidas netas del capital natural basado en la tierra (UNCCD, 2016b), esto se logrará por medio de la reducción de la nueva degradación y el incremento de los esfuerzos de restauración.. Dicho marco es generado a partir de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, específicamente de la meta 15.3 “la neutralidad de la degradación de tierras” (UN, 2015). El programa de NDT implica retos a diferentes escalas en los SSE, sobre todo para países en vía de desarrollo como México, que presenta poca infraestructura y capacidad de acción, además de poca información de los ecosistemas a escala local (Grainger, 2015; Safriel, 2017). No obstante, existen argumentos en contra de la narrativa de la “desertificación”, la cual se ha transmitido como una crisis que ocurre en las zonas áridas y semiáridas del mundo por los países desarrollados de occidente, lo que ha derivado en la implementación de políticas y programas con un enfoque centralizado, donde los gobiernos los implementan sin apenas tomar en cuenta el conocimiento local y como consecuencia el fallo de dichos programas (Benjaminsen, 2017; Davis, 2016).

Como se mencionó anteriormente, una de las principales causas de degradación de los agostaderos son las prácticas inapropiadas de manejo (Basupi et al., 2017; Pickup et al., 1998; Teague and Borrelli, 2014), las cuales pueden resultar en un sobrepastoreo, que puede tener impactos negativos sobre el ecosistema, especialmente, en aquellos localizados en climas áridos y semiáridos, ya que generalmente presentan suelos someros, con bajos niveles de nutrientes que sustentan poca cobertura de vegetación agrupada en manchones (Eldridge et

al., 2017; INEGI, 2004a; Montaña, 1988a). El pastoreo prolongado con altas cargas animales del ganado domestico tiene efectos en la estructura y composición de las comunidades vegetales por medio de la herbívora, por ejemplo la disminución en el número y la abundancia de especies herbáceas y pastos (Angassa, 2014; Guo et al., 2016), el favorecimiento de la dominancia de arbustos (Chartier et al., 2011) y la disminución de la cobertura basal vegetal, lo que se traduce en pérdida de la capacidad del terreno para retener agua y sedimentos (Ludwig et al., 2005). Por lo que, también puede tener efectos negativos en la salud del suelo, pues los efectos combinados del pisoteo y la disminución de la cobertura vegetal por la herbívora pueden causar una disminución en la conectividad de los parches de vegetación y de la porosidad en la superficie del suelo (Eldridge et al., 2017; Ludwig et al., 2005). Esto a su vez ocasiona una menor capacidad de infiltración y finalmente limitaciones para el establecimiento y la germinación las semillas por falta de agua (Chartier et al., 2011). Todo lo anteriormente mencionado permite observar que los efectos del pastoreo ocurren tanto en el suelo, como en la vegetación y en el agua, porque existe una estrecha relación entre estos componentes del ecosistema, que cuando se cruzan umbrales de cambio de las variables clave se puede llegar al proceso de desertificación (Bestelmeyer et al., 2015; Peters et al., 2013), por lo que es necesario estudiar dichas relaciones con enfoques ecohidrológicos (Pyke et al., 2002; Tongway and Hindley, 2004; Wilcox and Thurow, 2006).

Una opción para estudiar y resolver problemas en sistemas socio-ecológicos, particularmente en los agostaderos, es la investigación participativa, la cual tiene un enfoque donde se busca la integración del conocimiento científico y el local (Cornwall and Jewkes, 1995), por medio de la colaboración entre el investigador y los pobladores locales para el diagnóstico de problemas y la implementación de soluciones (Coppock et al., 2004). Existen algunos estudios que utilizaron dicho enfoque como herramienta para crear capital social en las comunidades indígenas de la Nación Tohono O'odham, la cual es una reserva indígena localizada en el sur de Arizona (Arnold and Fernandez-Gimenez, 2007), para coger mejores estrategias de manejo para evitar la degradación en los agostaderos del desierto del Kalahari en África (Reed et al., 2007) o para abordar problemas en el manejo ganadero de una manera integral con diferentes actores presentes en la frontera entre EUA y México (Schumann, 2016). La integración de las comunidades en la investigación y en la generación de programas de manejo es importante, ya que son ellos los que aprovechan directamente los

recursos naturales del sitio y toman decisiones sobre el manejo del mismo, las cuales repercuten directamente sobre el funcionamiento de los agostaderos (Agrawal and Gibson, 1999; Walker et al., 2009).

Este estudio se realizó en el ejido la Soledad, localizado en la Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM), la cual, al ser una reserva de la biosfera localizada en el desierto Chihuahuense entre los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, México. Tiene como objetivos la conservación de los recursos naturales y el desarrollo humano, esto le confiere una dinámica muy compleja entre las políticas de conservación de la institución gubernamental encargada, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y las actividades productivas llevadas a cabo por los pobladores de los ejidos (CONANP, 2006; Kaus, 1993). La principal actividad económica en la Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM) es la ganadería, la cual fue introducida, en el Bolsón de Mapimí, a finales del siglo XVI por los colonizadores españoles (CONANP, 2006). Dicha actividad, tuvo tres etapas importantes en la zona: 1) el auge de haciendas ganaderas a principios del siglo XIX, las cuales prosperaban por la demanda de carne y de animales de tracción (caballos y mulas) para la agricultura y la minería de la zona en la época del Porfiriato. 2) La desaparición de las haciendas entre las décadas de 1910 y 1920 por efectos de la revolución. Y finalmente, la etapa actual 3) la creación de ejidos ganaderos en la década de 1930, resultantes de la fragmentación de las haciendas. Dichos ejidos continuaron criando ganado equino para satisfacer las demandas de animales de tracción en la comarca lagunera, y no fue hasta los años 60's que se comienza a producir practicante solo ganado vacuno (CONANP, 2006) debido a la disminución de la demanda de ganado equino (Kaus, 1993).

Lo anterior, denota una extensa tradición de uso ganadero por parte de los pobladores de la reserva y existe evidencia que grandes hatos ganaderos de hasta 7000 cabezas de ganado pastoreaban libres en toda la actual RBM, las cuales se movían según las disponibilidad de recursos como el agua y el forraje según la estación del año (Hernández, 2001) por lo que se cuenta con un sistema de pastoreo libre continuo, no obstante, la RBM cuenta con las problemáticas antes mencionadas, como que, aproximadamente 60% de los suelos de la RBM presentan algún grado de degradación (Ramírez-Carballo et al., 2011), por lo que las instituciones gubernamentales impulsan programas y políticas, como un programa de carne

orgánica, el cual consiste en una certificación de las tierras de los ejidos interesados para la producción de becerros orgánicos para venta. Este nuevo programa requiere el cambio del sistema de pastoreo libre continuo que se ha practicado en toda la historia de la RBM a un sistema de pastoreo rotacional, en este caso basado en el “Holistic Planned Grazing” (Savory, 1983), el cual es un tipo de sistema rotacional de pastoreo que emplea múltiples potreros (divisiones del agostadero) en donde se rota el hato ganadero. Éste tiene como objetivo la mejora del agostadero por medio de herramientas y técnicas como: el descanso del terreno, el fuego y el impacto animal, el cual es definido como el empleo de densidades altas de ganado para estimular al suelo por medio del pisoteo y para evitar la selectividad natural del forraje (Hawkins, 2017). Generalmente se comienza adaptando los tiempos de movimiento del ganado y las cargas animales (unidad animal/unidad de superficie) a la disponibilidad de recursos. Este sistema de pastoreo ha sido cuestionado por una parte de la comunidad científica, principalmente, por la tendencia a la generalización y aplicación en diferentes ecosistemas (Briske et al., 2013, 2011; Hawkins, 2017)

Sin embargo, de este debate científico surgieron buenas alternativas, como enfocar esfuerzos en el desarrollo de manejos adaptativos (Briske et al., 2014, 2011), los cuales consisten en planear los tiempos, de pastoreo del ganado y descanso del terreno, según las condiciones específicas del sitio como la intensidad de pastoreo, la condición animal y la capacidad de recuperación del terreno (Hawkins, 2017). Pues, como se ha mencionado en este trabajo, es cuestionable implementar programas de manejo ganadero probados en otras partes del mundo sin conocer el funcionamiento del ecosistema en cuestión (Briske et al., 2013; Hawkins, 2017). En la RBM se tienen distintos tipos de vegetación, lo que la hace muy heterogénea. Por su parte, en el ejido La Soledad se tienen paisajes compuestos por: dunas, parches de vegetación y zonas extensas de suelo desnudo (Montaña, 1988a). Estas formaciones vegetales están presentes en otros ecosistemas áridos y semiáridos y están conectados entre sí (Jimenez Aguilar et al., 2009). Por lo que es de gran importancia conocer los efectos de la ganadería en la funcionalidad de estas asociaciones vegetales desde un punto de vista sistémico (Walker et al., 2009) a diferentes escalas y conocer los factores socioeconómicos que influyen en la toma de decisiones en el manejo ganadero de la RBM para diseñar programas adaptativos de manejo de ganado.

2. Preguntas de investigación

- ¿Qué factores socioeconómicos y de gobernanza influyen en la toma de decisiones en el manejo ganadero y cómo se relacionan con los agostaderos de la RBM?
- ¿Cuál es la distribución espacial de las zonas con diferentes niveles de intensidad de pastoreo continuo en el ejido La Soledad de la RBM y cuál es el efecto histórico de diferentes intensidades de pastoreo sobre la funcionalidad ecohidrológica de las dunas, llanos y mogotes y a escala de paisaje?

3. Hipótesis

- Las fuentes de ingresos económicos, la infraestructura, el conocimiento local y técnico/científico, la relación con las instituciones de gobierno y la organización de la comunidad son factores que influyen en el manejo ganadero de los ejidos de la RBM.
- Una alta intensidad de pastoreo estará asociada con la cercanía a los abrevaderos o con la cercanía de poblados y en comparación a un pastoreo moderado causará cambios significativos en la estructura y composición de la comunidad vegetal, reducirá la estabilidad, la capacidad de infiltración y de almacenamiento de nutrientes en el suelo, lo que disminuirá la funcionalidad ecohidrológica y por lo tanto, su capacidad de sostener la ganadería, en los agostaderos de la RBM.
- Los efectos antes mencionados serán consistentes en las diferentes comunidades vegetales que conforman a los agostaderos de la Soledad (dunas, llanos y mogotes).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

- Mediante investigación participativa, identificar zonas con distinta intensidad de pastoreo, en el ejido la Soledad, y examinar el impacto histórico de la misma sobre la funcionalidad ecohidrológica en el paisaje y a escala de las dunas, llanos y mogotes en los agostaderos e identificar y relacionar las causas socioeconómicas de dicho impacto.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar y evaluar, con los pobladores de la reserva, las variables socioeconómicas clave que han influido en el sistema de pastoreo y en las decisiones de manejo ganadero en la RBM.

- Identificar y zonificar diferentes intensidades de pastoreo (alta, media y baja) en los agostaderos de la Soledad en colaboración con los pobladores de los ejidos para su posterior examinación funcional.
- Examinar y evaluar el efecto de las intensidades de pastoreo (alta, media y baja) en la estructura, composición y cobertura de la comunidad vegetal, la estabilidad, la capacidad de infiltración y de ciclado de nutrientes del suelo en las diferentes comunidades vegetales (dunas, llanos y mogotes) que conforman los agostaderos de la Soledad, RBM, en colaboración con los pobladores.

5. Materiales y Métodos

5.1. Descripción del sitio de estudio

La Reserva de la Biosfera de Mapimí (RBM) se localiza en la zona sur del Bolsón de Mapimí entre los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua (Figura 1). Inicialmente fue decretada en el año 1979 como zona de protección forestal y más tarde como Reserva de la Biosfera de Mapimí en el año 2000. En la RBM existen 11 ejidos, en los cuales viven aproximadamente 326 pobladores (CONANP, 2006) distribuidos en pequeños asentamientos aislados, los cuales han sufrido cambios en su población, debido principalmente a procesos de emigración. La ganadería ha sido la actividad más importante desde la época de la Colonia Española (CONANP, 2006; Kaus, 1993). Desde el año 2002, la RBM es manejada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el plan de manejo de la misma fue publicado en el año 2006 (CONANP, 2006).

La zona se caracteriza por ser una cuenca cerrada con grandes extensiones de planicies que tienen una altitud promedio de 1150 msnm (CONANP, 2006). En la reserva existen suelos de origen aluvial y coluvial, dentro de los principales son: regosoles calcáreos, xerosoles, yermosoles (lúvicos, gípsicos y Solonchaks) y vertisoles salinos (Delhoume, 1992). Al igual que en otras cuencas cerradas, los suelos de las zonas bajas de la RBM presentan altos grados de salinidad (NaCl y KCl).

El clima presente en la RBM es BWhw(e), extremoso, muy árido, semicálido y con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 263 mm, de los cuales un 67.5 % corresponden a los meses de verano y un 11.06 % a los meses de invierno, con una tasa de evaporación mucho mayor a la de precipitación, puede llegar a tener 8 a 9 meses de estación seca. Por su

parte, la temperatura media anual es de 20.2° C con una mínima normal de 10.7°C en el mes de enero y una máxima normal de 27.6°C en el mes de junio en el periodo de tiempo comprendido desde el año 1981 al año 2010 (CONANP, 2006; SMN, 2010).

La vegetación en la RBM varía según el tipo de suelo y la topografía del terreno y está dividida en grandes unidades de vegetación como: la bajada, la playa y la zonas de dunas (Grunberger et al., 2004; Montaña, 1988a). En el área están registradas más de 403 especies de plantas entre las que destacan *Prosopis glandulosa* Torr., *Larrea tridentata* (DC.) Cav., *Hilaria mutica* (Buckley) Benth. y *Flourensia cernua* DC (Montaña, 1988a).



Figura 1. Mapa de localización de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (polígono rojo entre los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua). En la ampliación se muestra en rojo el ejido La Soledad, dentro de los límites de la RBM.

5.2. Determinación participativa de los aspectos socioeconómicos clave para el manejo ganadero en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

Se comenzó con una exploración del sistema como primer paso del enfoque participativo (Martí, n.d.). Primeramente, se realizó una entrevista con el director de la RBM de la CONANP, para darse a conocer como grupo de investigación interdisciplinario e interinstitucional, obtener autorización para trabajar en la reserva, compartir inquietudes e

intereses e invitar a la colaboración. En seguida se realizaron dos visitas exploratorias, en los meses de abril y julio del 2017, guiados por un ejidatario del ejido La Flor con excelentes relaciones sociales, quien fue clave para contactar a los actores locales y tener acceso rápido a los ejidos que cuentan con población permanente. Dichas visitas, tuvieron los objetivos de presentarse como grupo de investigación interdisciplinario con los pobladores de la RBM y familiarizarse con el terreno, los sistemas productivos, y el estado de los agostaderos. En esta etapa se realizaron entrevistas no estructuradas para identificar los principales actores presentes.

En el mes de octubre de 2017 se realizó una tercera visita a los ejidos de La Soledad, La Flor, Colonia Ganadera y Los Álamos para concretar alianzas de colaboración con los pobladores y realizar entrevistas estructuradas con el objetivo de conocer las relaciones entre los principales actores y los factores externos que controlan la toma de decisiones en la RBM. Además, se recabó información acerca de las necesidades, intereses y, sí la había, la problemática de los pobladores de la RBM (Moraine et al., 2017); para identificar oportunidades para la investigación con un cuestionario de 34 preguntas (Anexo 1).

Para cumplir el primer objetivo específico se implementaron entrevistas estructuradas a 12 pobladores de los ejidos de la RBM. Las entrevistas tuvieron el objetivo de identificar las principales variables socioeconómicas que tienen influencia en el manejo ganadero y, por ende, a la funcionalidad ecohidrológica de los agostaderos de la RBM (Anexo 2). Conocer y evaluar el impacto de estas variables es de gran utilidad para diseñar programas productivos que consideran simultáneamente los intereses de los pobladores y las condiciones de los agostaderos y para entender de mejor manera las causas de algunas implicaciones ecológicas de la ganadería, resultadas de la toma de decisiones en la RBM.

Las entrevistas estructuradas están divididas en 8 atributos que representan aspectos importantes para el manejo ganadero, obtenidos a partir de un análisis del primer cuestionario (Anexo 1). A su vez, los atributos se componen de preguntas afirmativas tipo test orientadas a conocer la opinión y percepción de los pobladores (Amin and Isa, 2008) acerca de la importancia de dicho atributo en la toma de decisiones en manejo ganadero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Atributos socioeconómicos importantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero de la RBM, determinados a partir del cuestionario 1 (Anexo 1), aplicado a pobladores de toda la RBM.

Atributo	Importancia
Diversidad de fuentes de ingreso	En las anteriores visitas se observó que algunos pobladores tienen otras fuentes de ingreso además de la ganadería, esto podría tener efectos en el manejo ganadero.
Programa de carne orgánica	Los cuatro ejidos que se visitaron en octubre están participando en una certificación orgánica del terreno, promovido por CONANP. Este programa incluye cambios en el sistema de pastoreo libre continuo a uno rotacional y en las actividades de los ganaderos, por lo que tendrá efectos variados en la toma de decisiones.
Infraestructura	Un aspecto muy importante del manejo ganadero actual y un requisito para el cambio a manejo rotacional. Además, se ha observado que la distribución de agua es un factor clave en la movilidad del ganado.
Conocimiento local	El conocimiento local puede ser un factor importante a la hora de toma de decisiones en el manejo.
Conocimiento adquirido (técnico/científico)	A su vez, el conocimiento de la funcionalidad del agostadero, el cual adquieren por capacitaciones o por contacto con profesionales, puede estar relacionado con el anterior. En este aspecto se consideraron los programas de capacitación promovidos por las instituciones gubernamentales y no gubernamentales.
Relación con instituciones de gobierno	Este atributo se refiere a la relación con instituciones gubernamentales por parte de los pobladores, esto, debido a que se detectó que los ingresos económicos provenientes de programas de desarrollo son importantes contribuciones a las familias de la RBM, por lo que estas relaciones tendrán efecto en la toma de decisiones.
Organización interna del ejido	Se identificaron diferentes posturas acerca del modo en el que el ejido debe trabajar, por lo que las decisiones del manejo ganadero estarán condicionadas a dicha organización.
Relación con el medio biofísico	Este atributo se refiere a la percepción que tienen los pobladores con relación al impacto de sus actividades en el ecosistema y viceversa.

5.3. Selección de sitios de estudio

En esta etapa, se delimitaron los alcances de la investigación respecto al 1) a los tiempos a cumplir en la maestría, y 2) a los ejidos interesados en colaborar en la investigación. De esa manera, se eligió al ejido La Soledad de la RBM, el cual cumplía con los siguientes requisitos: a) estar interesados en colaborar en la investigación, b) tener un manejo de ganado libre continuo y estar participando en el programa de carne orgánica y, por lo tanto, c) que los resultados de esta investigación les fueran directamente útiles, ya que sentarán las bases para futuros monitoreos de la funcionalidad de los agostaderos por los ganaderos, CONANP y para asociaciones civiles como PRONATURA, así como para futuras investigaciones por parte de los científicos.

Se visitó La Soledad en diciembre de 2017 y se formó un equipo de trabajo con los ejidatarios para determinar, de manera participativa, el rumbo de la investigación y los compromisos de cada actor (Davidson-hunt et al., 2007). En dicha visita, se realizaron transectos guiados por los ejidatarios, con el fin de conocer el subsistema biofísico e identificar puntos clave dentro del ejido, como los abrevaderos permanentes, sitios con nombres locales y zonas con distintas presencias del ganado.

5.3.1. Ejido La Soledad

Este ejido se localiza en la zona noroeste de la RBM, tanto en el municipio de Jiménez del estado de Chihuahua como en el municipio de Sierra Mojada de Coahuila (Figura 2) en las coordenadas 613659; 2975748 datum WGS84 zona 13N y cuenta con una superficie aproximada de 19,050 ha. En él viven 5 familias, distribuidas en tres poblados principales: La Soledad, Loma Prieta, las cuales se encuentran dentro del ejido, y en Los Arenales, que es una pequeña propiedad que colinda al norte. Dichas poblaciones corresponden a tres grupos de trabajo en los que este ejido está dividido aproximadamente desde 2015.

Como se menciona anteriormente, en este ejido ocurrió una división de las tierras de uso común, lo que quiere decir que ésta se repartió equitativamente entre los ejidatarios presentes y que aun usaban las tierras en ese momento, resultando en 15 terrenos de aproximadamente 1100 ha. A partir de ese evento se crearon los grupos de trabajo, los cuales están formados por los ejidatarios que comparten objetivos e ideales similares o afines.

En este estudio solo se trabajó con el grupo de la Soledad, quienes, actualmente, tienen un pastoreo libre continuo, donde las fuentes de agua determinan en gran medida la distribución del ganado, también es el único grupo, de este ejido, que planea cambiar su sistema de pastoreo a uno rotacional y planean dividir en potreros su superficie, por lo que los resultados de este trabajo son necesarios para conocer el estado funcional de los agostaderos.

En total, según los resultados de las entrevistas, el ejido La Soledad tiene aproximadamente 700 vacas y un número desconocido de otro tipo de ganado como borregos, cabras y caballos, pero el grupo de interés, la cual corresponde a aproximadamente 4,500 ha, solo tiene 110 vacas.

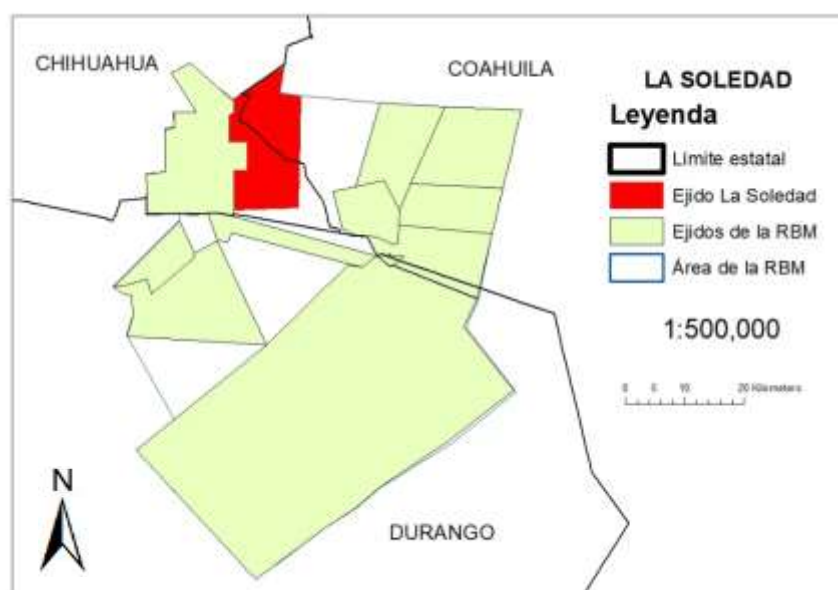


Figura 2. Mapa de localización del ejido La Soledad en la RBM.

Los suelos de este ejido son regosoles y yermosoles, típicos de zonas áridas y corresponden a zonas de dunas (INEGI, 2004a), la clasificación de suelos fue tomada de la cartografía edafológica serie II (INEGI, 2004b). Además, la vegetación dominante en La Soledad es la vegetación de desiertos arenosos, esto, según la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie V escala 1:25000 (INEGI, 2011), cabe mencionar que el sistema de clasificación de los tipos de vegetación en esta cartografía está basado en los trabajos de Faustino Miranda y E. Hernández, del año 1963, y Jerzy Rzedowski, de los años 1978 y 2005 (INEGI, 2014). En el área existen comunidades vegetales de dunas, zonas de escurrimiento casi desprovistas de

vegetación y parches de vegetación densa, denominados por los pobladores como “arenales/dunas”, “llanos” y “mogotes” respectivamente, en los que dominan plantas arbustivas como *Prosopis glandulosa* y pastos como *Hilaria mutica* (Montaña, 1988b, 1988a), esto se corroboró con los transectos guiados por los pobladores del ejido.

Los paisajes compuestos por las unidades de vegetación dunas, llanos y mogotes ocurren debido a la distribución de recursos limitantes como el agua, ya que los últimos se forman en depresiones del terreno o detrás de las dunas, alimentados por los inter parches o llanos aguas arriba (Dekker et al., 2007), por lo que se puede decir que se tiene un paisaje con un mosaico de vegetación que se distribuye en un acomodo “no al azar” (Gillison and Brewer, 1985; Tongway et al., 2001).

5.4. Zonificación de la Intensidad de pastoreo en el ejido La Soledad.

Para conocer el efecto del pastoreo en la funcionalidad de los agostaderos de la Soledad, primero se debe identificar un gradiente de intensidad, esto para establecer los sitios de muestreo en condiciones contrastantes. Por lo que para establecer el gradiente de intensidad de pastoreo se utilizaron técnicas participativas para integrar el conocimiento local, como entrevistas, en donde se identificaron las fuentes de agua permanentes en el ejido con la ayuda de entrevistas y de un croquis en cartas topográficas. Después, por medio de los transectos guiados, se identificaron los lugares: a) donde el ganado se distribuye todo el año, b) donde el ganado asiste sólo cuando llueve y se forman pequeños charcos de agua y c) sitios a donde no se tiene pastoreo por la distancia al agua. En cada una de estas categorías se tomaron puntos georreferenciados con ayuda de un GPS.

Se realizó un mapa, en el software gratuito QGis versión 2.18.9, por medio de zonas de influencia de los abrevaderos permanentes en los ejidos, ya que la distancia de las fuentes permanentes de agua ha demostrado ser un buen sustituto de la intensidad de pastoreo (Eldridge et al., 2017), y las categorías se establecieron de acuerdo a los puntos obtenidos en los transectos con los pobladores. Por lo que se obtuvieron tres categorías (Cuadro 2). Para corroborar el gradiente, también se realizó un conteo de las heces del ganado vacuno, caprino y equino en 2 parcelas de 100 m² en cada una de las unidades de vegetación muestreadas.

Cuadro 2. Intensidades de pastoreo determinadas por medio del conocimiento local y la distancia a los aguajes permanentes.

Categoría	Descripción
Alta intensidad	Zonas más cercanas al abrevadero permanente (<1.4 km), el ganado permanece todo el año en dicho lugar.
Media intensidad	Zonas medianamente lejanas a los abrevaderos (1.4-2.8 km), el ganado acude solo cuando llueve y hay fuentes de agua temporales.
Baja intensidad	Zonas lejanas a los abrevaderos (>2.8 km), en estos lugares hay poca o nula presencia de ganado.

5.5. Diseño de muestreo

En la visita realizada en diciembre de 2017, se midieron, en colaboración con los pobladores, los anchos (perpendicular a la pendiente) y los largos (a favor de la pendiente) de 22 dunas, 21 llanos y 34 mogotes. La heterogeneidad de los datos y observaciones de dicha visita llevaron a la decisión de abarcar toda la secuencia de las tres unidades de vegetación (duna-llano- mogote) con un transecto sin importar la longitud. Por lo que para determinar la estructura y composición de la vegetación en los agostaderos se establecieron 6 transectos, lineales y permanentes, por cada intensidad de pastoreo, que abarcan la cara oeste de un arenal, un llano y un mogote, a favor de un gradiente de pendiente, estos transectos se denominan “gradsects” (Gillison and Brewer, 1985).

Los “gradsects” presentan ventajas con respecto a los transectos ubicados al azar en diferentes tipos de vegetación distribuida por algún gradiente, esto los hace tanto estadísticamente como logísticamente adecuados para trabajar en vegetación como la que tenemos en La Soledad (Ludwig and Tongway, 1995), la cual es muy heterogénea y que no se distribuye al azar (Gillison and Brewer, 1985). Los criterios de selección del sitio donde se estableció un gradsect fueron: 1) la existencia de una clara relación entre la duna, el llano y el mogote y 2) que el mogote tenga como mínimo 30 metros de largo (longitud a favor de la pendiente). En el Anexo 3 se pueden observar las coordenadas de los gradsects establecidos y las claves de las unidades de vegetación que abarcan, donde, las letras “D”, “L” y “M”

corresponden a dunas, llanos y mogotes, respectivamente. En seguida, las letras “A”, “M” y “B” representan las intensidades alta, media y baja, respectivamente.

5.6. Estructura y composición de la vegetación

En visitas realizadas en los meses de marzo, mayo y junio de 2018 se realizó la metodología del Análisis de la Funcionalidad del Paisaje (LFA, por sus siglas en inglés; Tongway & Hindley, 2004) en cada unidad de vegetación dentro de un gradsect. Se midieron variables como número y tipo de parche de vegetación perene, longitud y ancho de parche y finalmente tipo y longitud de inter-parche para calcular los índices: 1) número de parches de vegetación (NP), 2) área total de los parches (AP), 3) índice de organización del paisaje (LOI, por sus siglas en inglés; se refiere a la longitud de los parches de vegetación con respecto a la longitud total del gradsect) y 4) longitud media de los inter-parches (AIL, por sus siglas en inglés), los cuales describen que tan efectivamente el paisaje regula recursos vitales como el agua (Tongway and Hindley, 2004) en este caso a escala de unidad de vegetación (Montaña, 1988b).

Así mismo, se utilizaron cuadrantes de 1.5 x 1.5 m con cuadrícula 15x15 cm para la estimación de cobertura y composición vegetal (Mostacedo and Fredericksen, 2000). Los cuadrantes se colocaron sobre todo el gradsect, por lo que el número varía, y se registró presencia/ ausencia de plantas en la cuadrícula y la frecuencia por especie, tomando a cada planta como individuo. Se identificaron las especies con ayuda de guías de campo y con la experiencia de los pobladores locales, de esta manera se calculó la abundancia por especie según el número de individuos, la riqueza a nivel de especie y la cobertura vegetal de cada especie. Este muestreo se llevó a cabo en colaboración con los pobladores de La Soledad y serán permanentes porque serán útiles para futuros monitoreos, tanto por parte de los ganaderos, CONANP y por los científicos (Tongway and Hindley, 2004).

5.7. Simulaciones de lluvia,

Para ayudar a explicar la relación hidrológica entre las unidades de vegetación; dunas, llanos y mogotes; en el mes de junio de 2018 se realizaron 10 simulaciones de lluvia de 60 minutos por cada una, 5 en el suelo seco y 5 pasadas 30 minutos después del evento anterior, esto con el objetivo de simular condiciones contrastantes de saturación del suelo. Primeramente, una semana antes de las simulaciones se instalaron 5 parcelas de escorrentía de hierro de 1 m²,

por cada duna, llano y mogote, con la salida a favor de la pendiente. Las parcelas se instalaron en zonas de suelo desnudo sin perturbación dentro de las unidades de vegetación de los gradsects 7, 8, 9, 10 y 11 (Alta intensidad de pastoreo; Anexo 3). Se utilizó un simulador de un solo aspersor de balanceo (Asseline and Valentin, 1978) para generar una lámina de lluvia constante de 45 mm/h aproximadamente (Lp), por media hora. Una vez que se alcanzó un régimen de escurrimiento continuo, se midieron los volúmenes para calcular la lámina de escurrimiento (Le). Con estos dos valores se calculó el índice de coeficiente de escurrimiento (Ke), con la siguiente formula:

$$Ke = \frac{Le}{Lp} * 100$$

Dicho índice se refiere a la capacidad del suelo para generar escorrentías expresado en porcentaje (Reyes-Gómez et al., 2007) y se utilizó para la elaboración de hidrogramas para representar gráficamente el comportamiento hidrodinámico de la superficie del suelo y relacionarlo con la conexión hidrológica entre las unidades de vegetación. Así mismo, se excavaron tres muestras de suelo con un nucleador (5 cm alto y 5.4 de diámetro) por cada parcela de escurrimiento, la primera antes del evento (suelo seco), la segunda después de 60 minutos de lluvia, ambas fueron tomadas en un costado de la parcela; la tercera fue tomada después del segundo evento de lluvia dentro de la parcela de escurrimiento (en este punto, se midió la profundidad de la infiltración en el centro de la parcela); posteriormente, dichas muestras se secaron en una estufa a 60° C hasta alcanzar un peso constante y se calculó el contenido de humedad en el suelo. También, se utilizaron filtros de papel con un diámetro de poro de 20 micrómetros (previamente pesados en el laboratorio), en los que se filtró el escurrimiento correspondiente al minuto 30 de cada simulación de lluvia, para la determinación del sedimento por diferencia de peso.

5.8. Salud del suelo

Dentro de los gradsects se caracterizaron 4 cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m por un parche y un inter-parche, seleccionados en campo por el equipo formado por científicos y ejidatarios por criterios de importancia en cobertura y/o forrajero (Cuadro 4), por cada unidad de vegetación (duna, llano y mogote) y por cada categoría de intensidad de pastoreo (alta, media y baja).

En dichos cuadrantes se midieron 11 atributos del suelo conforme a la metodología de “Soil Surface Assessment (SSA, por sus siglas en inglés; Tongway and Hindley, 2004).

Cuadro 3. Parches e inter- parches evaluados con el SSA por unidad de vegetación, elegidos en campo por el equipo de investigación participativa (Tongway and Hindley, 2004).

Unidad de vegetación	Parche	Inter-parche
Duna	Tatalencho (<i>Menodora scabra</i>)	Suelo desnudo a más de 20 cm aguas abajo del parche de Tatalencho
Llano	Costra biológica	Suelo desnudo
Mogote	Sabaneta (<i>Hilaria mutica</i>)	Suelo desnudo a más de 20 cm del parche de sabaneta

Los atributos que se midieron para el SSA son los siguientes: rugosidad de la superficie del suelo, cobertura de material depositado, cobertura del suelo por mantillo, grado de quebrantamiento de la costra física del suelo, cobertura basal de plantas perenes, cobertura de costra biológica, tipo y severidad de erosión, estabilidad de agregados del suelo (slake test), la resistencia de la superficie del suelo al disturbio y la textura del suelo. Todos los atributos anteriores fueron medidos visualmente en campo (Tongway and Hindley, 2004).

Los valores de dichos atributos fueron usados para calcular los índices: 1) Índice de estabilidad, 2) Índice de infiltración e 3) Índice de nutrientes (Tongway and Hindley, 2004), los cuales han mostrado estar estrechamente correlacionados con funciones ecosistémicas como la resistencia del suelo al disturbio, la capacidad de infiltrar y retener agua y el ciclado de nutrientes, respectivamente (Eldridge et al., 2017; Tongway and Hindley, 2004).

Al mismo tiempo, se tomaron muestras de los primeros 10 cm de la superficie del suelo, éstas estuvieron compuestas por 4 submuestras, correspondientes a cada parche e inter- parche elegido por cada unidad de vegetación. Dichas muestras compuestas fueron homogeneizadas y cribadas con un tamiz de 2 mm, de las cuales, fue tomado un gramo de muestra, al cual se le aplicó un tratamiento con ácido clorhídrico por 12 horas para eliminar carbonatos, posteriormente se molió con un mortero de ágata y puesto en tubos Eppendorf, posteriormente, se determinó el contenido de carbono orgánico total y de nitrógeno total por

medio de un analizador elemental de combustión COSTECH®. También, se apartaron 250 mg de la muestra sin ningún tipo de procesamiento para la determinación de los porcentajes de arcillas, limos y arenas, para la determinación de textura, realizado según los protocolos del laboratorio certificado de física de suelos del Colegio de Postgraduados.

También, se excavaron 4 submuestras con un nucleador (5 cm alto y 5.4 de diámetro), para determinar densidad aparente del suelo desnudo en cada unidad de vegetación. Las muestras obtenidas fueron etiquetadas y almacenadas en bolsas de plástico hasta su procesamiento en el laboratorio de ecología de suelos del IPICYT. Posteriormente, las muestras se secaron en una estufa a 60° C hasta alcanzar peso constante y la densidad aparente (DA) se calculó con la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{\text{peso seco de la muestra (g)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

5.9. Generación de índices locales para la evaluación de la funcionalidad del paisaje

En el mes de marzo de 2018, antes de comenzar con el muestreo en los gradsects, se realizaron entrevistas no estructuradas con diferentes pobladores del ejido La Soledad (dos ganaderos, un poblador no ganadero y un ama de casa). El objetivo principal de las entrevistas fue el identificar los métodos locales de evaluación de la condición de un agostadero, según distintos enfoques e intereses, pues se sabía, gracias a los acercamientos y colaboración en pasos previos del enfoque participativo, que los ganaderos locales cuentan con indicadores visuales para decir si una zona del agostadero es “buena” o “mala” dentro de su terreno. Con dicha información, se generó un formato de evaluación visual con vocabulario local, por cada unidad de vegetación (Anexo 4) que se implementó por los colaboradores locales junto con el muestreo de la vegetación y el suelo. Dichos formatos incluyen apartados importantes: 1) especies deseables para los pobladores, 2) pastos perennes presentes, 3) condición de las especies deseables, 4) presencia de especies no deseables para los pobladores y 5) salud del suelo.

Con los formatos generados participativamente se realizó el levantamiento en campo, por parte de los pobladores, dentro de los gradsects al mismo tiempo que se realizó el muestreo de las demás variables. Una vez hechas las evaluaciones de campo, se identificaron y agruparon las variables que están relacionadas y que corresponden al mismo factor de

decisión. Después, se sumaron los valores de dichas agrupaciones y se dividieron entre el máximo valor posible de la sumatoria, de esta manera se calcularon 5 índices de evaluación local, los cuales debían de cumplir con los criterios: 1) cubrir con uno o más factores determinantes para la evaluación de la aptitud de un sitio para satisfacer las necesidades de los pobladores del ejido, o para fines prácticos, la funcionalidad del agostadero; 2) representar valores altos (máximo 1) para mayor funcionalidad y bajos para menor funcionalidad (>1) y 3) ningún índice debe tener valores calculados de 0, ya que en el agostadero no existe una ausencia total de ningún factor. Dado que para los pobladores no existe una clasificación preestablecida de dichos factores, además de que son visuales, para el cálculo de los 5 índices se les asignó un valor numérico binario de 1 y 0, para variables de presencia/ ausencia, respectivamente (ejemplo: presencia/ ausencia de mezquite, ver Anexo 4); o valores de 3, 2 y 1 para variables categóricas (ejemplo: estado de mezquite, que tiene las opciones “completo”, “despuntado” y “acabado”; ver Anexo 4) y en el caso particular de la variable de “arroyos” (cárcavas) el orden del valor correspondiente se invierte, a 0 y 1 para presencia/ ausencia, respectivamente; ya que éstos se perciben como negativos. Los índices son los siguientes:

- 1) Índice de plantas deseables: se refiere a la presencia de especies de planta que cumplen con ciertos usos, es importante agregar que las evaluaciones se realizaron en la temporada seca, por lo que solo se incluyeron especies perennes presentes. Como se ha mencionado anteriormente, existe un uso diferenciado temporal y espacialmente de los recursos del agostadero (ejemplo: en la temporada de lluvias existen plantas anuales que son más palatables para el ganado). En la duna se incluyeron las especies: a) Ocotillo (*Fouquieria splendens*), del cual se utilizan sus ramas para la construcción de techos, cercos vivos y corrales para ovinos y caprinos, además, las flores son consumidas por el ganado; b) chamizo (*Atriplex canescens*), que es una planta perenne forrajera; c) mirasoles (*Helianthus petiolaris*), las cuales son plantas anuales que se usan para adornar altares religiosos, también, se mencionó que son plantas muy importantes para “cubrir” la duna cuando están verdes o secas; d) nopales (*Opuntia* spp.), que cumplen diferentes usos, por un lado, el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) es una especie forrajera, usada en temporada de secas al quemar sus espinas, así como lo es también el nopal cegador (*Opuntia microdasys*), la cual, como su

nombre local lo indica, es considerada dañina en exceso para el ganado, pero lo “mantiene” en tiempos difíciles, por otro lado, el nopal coyotillo (*Opuntia azurea*) se usa para el consumo humano; e) el popotillo (*Dalea scoparia*) es usado como planta medicinal; por último, se consideró el pasto perenne f) *Sporobolus contractus*, que está presente en algunas dunas y es forrajero. En el llano se consideraron las especies: a) nopales (*Opuntia* spp.); b) mezquite (*Prosopis glandulosa*), que el ganado lo usa como sombra y consume las vainas en la primavera; c) zacate borreguero (*Dasyochloa pulchella*), que es una especie de pasto forrajero, especialmente para ovinos; d) maguey (*Agave asperrima*), del cual se usa el “quiote” (escapo floral) para la alimentación del ganado estabulado. En mogote se consideraron las especies: a) sabaneta (*Hilaria mutica*), que como se observa en las curvas de rango abundancia, es una de las especies dominantes y es forrajera; b) jazmín (*Aloysia wrightii*), la cual es un arbusto perenne forrajero y de sombra; c) mariola (*Parthenium incanum*), la cual es considerada un arbusto forrajero; d) salvilla (*Buddleja scordioides*), la cual es un arbusto usado medicinalmente; e) engordacabras (*Lycium berlandieri*), que es una especie forrajera de ganado caprino; y el f) mezquite (*Prosopis glandulosa*). En este índice también se consideraron las presencias de especies negativas que restan una unidad en la sumatoria, como: a) la yerba de la pulga (*Oligomeris linifolia*), que es asociada con la mortandad del ganado vacuno cuando la consumen en exceso; y b) hojasén (*Flourensia cernua*), la cual es muy abundante en algunos mogotes, pero los ganaderos la consideran “indeseable”.

- 2) Índice del estado de la vegetación: se refiere al estado de deterioro general de la vegetación, tomando en cuenta aspectos como: a) el grado de consumo de las especies mencionadas, para el caso de los arbustos se tienen tres categorías 1) “completo”, que se refiere a plantas sin signos de forrajeo (valor 3); 2) “despuntado”, que se refiere a plantas con ramoneo (valor 2); y 3) “acabado”, cuando el daño a las plantas llegó a un punto donde ya no se pueda extraer nada más (valor 1, debido a que la especie está presente y no significa que este muerta); y el estado de los pastos presentes, los cuales son más apreciados forrajera hablando, por lo que tienen mayor peso en este índice al considerar dos variables, b) el grado de desarrollo, que la igual que con los arbustos se refiere al nivel que han sido podados por los herbívoros y es homologa de

la intensidad de pastoreo en un área, para estas variables se cuenta con 3 categorías expresadas en porcentaje: 1) 75- 100%, para plantas casi intactas (valor de 3); 2) 50-74 %, para una intensidad de pastoreo moderada, según los estándares locales (valor de 2); y 3) 25-49%, para plantas muy consumidas (valor de 1, debido a que la planta está presente y no significa que este muerta); y c) el color del pasto, que es una forma en la que los ganaderos identifican el estado palatable de las gramíneas, en esta variable también se tienen 3 categorías: 1) amarillo (A), debido a la época del año este color indica la mejor condición del pasto, ya que sigue siendo comido en la época seca por el ganado (valor de 3); 2) blanco (B), la siguiente coloración de los macollos de pasto en una temporada seca prolongada (valor de 2); y 3) negro (N), macollos de pasto, generalmente completos, pero con coloración negra, que indica algún grado de pudrición; los ganaderos mencionan que esta condición significa pasto “desperdiciado”.

- 3) Índice de regeneración de la vegetación: se refiere a la capacidad de renuevo de la vegetación por medio de: a) la presencia de plantas jóvenes; y en el caso de los pastos b) la presencia de inflorescencia con semillas.
- 4) Índice de cobertura vegetal: éste se refiere a si: a) la cobertura de la unidad de vegetación es: 1) alta (valor 3), media (valor 2) o 3) baja (valor 1), respecto un escenario hipotético de alta cobertura, generado en la mente del evaluador local a partir de su experiencia; a esta cobertura se le sumó los valores de las coberturas por especie, tomando en cuenta el mismo criterio.
- 5) Índice de estabilidad del suelo: éste se refiere a la capacidad del suelo para no erosionarse, donde se tomaron en cuenta dos variables: a) la presencia/ausencia de “arroyos” o cárcavas, que son signo de erosión hídrica a una muy notable escala; y b) la cobertura de la unidad de vegetación, que los pobladores consideran que protege el suelo del viento.

5.10. Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos aplicados para probar las hipótesis y para cumplir los objetivos se pueden dividir en dos escalas, 1) escala de la Reserva de la Biosfera de Mapimí y 3) escala de unidad de vegetación en el ejido La Soledad.

a) Escala de la RBM

Para determinar qué factores socioeconómicos son los que influyen más en el manejo ganadero se tomó como base los resultados de las entrevistas estructuradas, las cuales arrojaron datos de la opinión y la percepción que tienen los ganaderos acerca de la importancia de los 8 atributos para la toma de decisiones en el manejo ganadero, de esta manera se incluye en el estudio, información relevante proveniente de las comunidades (Bruegger et al., 2014), la cual puede ser una herramienta útil para la implementación de programas de desarrollo e de investigación.

Todos los análisis estadísticos que se describirán a continuación fueron realizados utilizando el software libre R (R Core Team, 2018). Se utilizó un análisis de componentes principales (ACP) para determinar cuales indicadores son los más importantes según la percepción de los pobladores de la RBM, esto, por medio de la determinación del valor del porcentaje de contribución para el cálculo de los componentes principales que expliquen mayor variación.

b) Escala de unidad de vegetación en La Soledad.

Con el fin de determinar el efecto de la intensidad de pastoreo en la funcionalidad ecohidrológica de los agostaderos se deben de calcular índices de organización del paisaje, de diversidad y de índices de salud del suelo, los cuales representan la estructura, composición y la capacidad de regular recursos tanto de la vegetación, como del suelo en las unidades vegetales de los ejidos (dunas, playas, etc.). En el Cuadro 5 se muestran los métodos para calcular dichos índices por medio de las variables medidas.

Para determinar si existen diferencias significativas entre las 3 intensidades de pastoreo del gradiente propuesto en las 3 unidades de vegetación, de los conteos de heces de ganado vacuno, equino y caprino y de riqueza de especies se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM) con distribución de Poisson. Cabe mencionar que se promediaron y redondearon los valores de las dos parcelas de heces por unidad de vegetación antes de analizarlos.

Cuadro 4. Métodos de cálculo de los índices de organización de paisaje, de biodiversidad y de salud del suelo (Tongway and Hindley, 2004) por unidad de vegetación en los gradsects.

Índice	Variables o indicadores	Cálculo
• Número de parches de vegetación/10m (NP)	Número y tipo de parche	$NP = \frac{\text{número de parches de vegetación}}{\text{longitud del gradsect}} * 10$
• Área total de los parches (AP)	Ancho y longitud de los parches	Área total de los parches de vegetación
• Índice de Área del parche (IAP)	Área total de los parches y longitud del gradsect	$IAP = \frac{\text{área total de los parches de vegetación}}{\text{área máxima (longitud de gradsect * 10)}}$
• Índice de organización del paisaje (LOI)	Longitud de los parches y longitud total del gradsect	$LOI = \frac{\text{longitud de parches de vegetación}}{\text{longitud del gradsect}}$
• Longitud media de los inter-parches (AIL)	Longitud de los inter-parches	Suma de las longitudes de los inter-parches dividido entre el número de los Inter-parches
• Diversidad de Shannon-Weaver	Abundancias relativas por especie	$-\sum_{i=1}^S P_i * \ln P_i$ (Shannon and Weaver, 1949)
• Índice de estabilidad	Cobertura de material depositado, cobertura del suelo por mantillo, grado de quebrantamiento de la costra del suelo, cobertura de costra biológica, tipo y severidad de erosión, estabilidad de agregados del suelo (slake test), la resistencia de la superficie del suelo al disturbio	La sumatoria de los puntajes de los indicadores dividida entre el valor máximo de la sumatoria.
• Índice de infiltración	Rugosidad de la superficie del suelo, estabilidad de agregados del suelo (slake test), cobertura basal de plantas perenes, la resistencia de la superficie del suelo al disturbio y la textura del suelo	La sumatoria de los puntajes de los indicadores dividida entre el valor máximo de la sumatoria.
• Índice de nutrientes	Rugosidad de la superficie del suelo, cobertura basal de plantas perenes, cobertura de costra biológica	La sumatoria de los puntajes de los indicadores dividida entre el valor máximo de la sumatoria.

Para saber si las 3 intensidades de pastoreo de las 3 unidades de vegetación se diferenciaban con base en la abundancia de las especies se utilizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) con distancia Bray-Curtis, complementado con un análisis permutacional multivariado de varianza (PERMANOVA; Anderson, 2001), basado en 999 permutaciones aleatorias con distancia Bray-Curtis, los cuales fueron calculados utilizando las funciones “metaMDS” y “adonis” en el paquete VEGAN (Oksanen et al., 2017) de la plataforma R. Así mismo, se utilizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para determinar cuáles especies contribuyen a la separación de las intensidades de pastoreo de las unidades de vegetación, para el cálculo de este análisis se utilizó la función “with” y “simper” en el paquete VEGAN (Oksanen et al., 2017) de la plataforma R; y curvas de rango-abundancia para observar las especies dominantes por intensidad de pastoreo de unidades de vegetación.

Para determinar si existen diferencias significativas entre las tres intensidades de pastoreo del gradiente propuesto en las tres unidades de vegetación, en la biodiversidad de Shannon, los porcentajes totales de la cobertura vegetal y de suelo desnudo, del contenido (mg/kg de suelo) de nitrógeno total y de carbono orgánico, y de los 5 índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero se utilizaron GLM con distribución Gaussiana, habiendo comprobado con anterioridad el supuesto de normalidad con la prueba de Shapiro- Wilk y métodos gráficos como histogramas y QQ- plot. Cabe mencionar que para calcular la diversidad a través de índice Shannon, se utilizó el paquete Biodiversity.R (Kindt and Coe, 2005).

En el caso de densidad aparente, se utilizó un modelo lineal mixto con efectos aleatorios y con las 4 submuestras anidadas al transecto, para quitar la posible variación causada por éstas; para determinar si existen diferencias significativas entre las 3 intensidades de pastoreo del gradiente propuesto en las 3 unidades de vegetación. También, se realizó una PERMANOVA (Anderson, 2001), basado en 999 permutaciones aleatorias con distancia Bray-Curtis, para evaluar si existían diferencias significativas en las tres intensidades de pastoreo de las 3 unidades de vegetación en la textura del suelo (los porcentajes de arcilla, limo y arenas).

Para determinar si el gradiente de pastoreo tuvo un efecto significativo sobre los 5 índices del LFA y los tres índices del SSA se realizaron dos análisis multivariantes de la varianza

(MANOVA), donde, previamente se hicieron pruebas de normalidad multivariada, con la función “mvn” del paquete MVN (Korkmaz et al., 2014) y usando los coeficientes de variabilidad y curtosis de Mardia y Henze-Zirkler’s test (por contar con una n menor a 20); y para comprobar normalidad univariada se usó la prueba de Shapiro- Wilk. Solo se requirió transformar con raíz cuadrada a los 5 índices de LFA correspondientes al llano.

Para realizar los contrastes de medias en todos los modelos lineales utilizados se emplearon los valores de los coeficientes relativos al nivel de referencia, para ello, se fue modificando el orden los niveles del factor (intensidad de pastoreo) para que el modelo cambiara la referencia, con la cual se calculan dichos coeficientes relativos.

6. Resultados

6.1. Aspectos socioeconómicos clave para el manejo ganadero en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

Dentro del sistema socio-ecológico de la RBM se identificaron cuatro grupos principales de actores tomadores de decisión: los pobladores de los ejidos, la CONANP como institución gubernamental, asociaciones civiles como PRONATURA, A. C. y los diferentes grupos de investigación presentes. Las principales actividades económicas son: la ganadería, y en el caso del ejido Carrillo y La Flor, la producción de sal y el ecoturismo, respectivamente. Las relaciones de los pobladores con los otros actores son causadas, principalmente, por los proyectos de desarrollo y de capacitación. Se detectó que aproximadamente el 10 % de los ingresos anuales de los ejidatarios entrevistados dependen de los proyectos otorgados tanto por la CONANP y los provenientes de asociaciones civiles dedicadas a la protección del ambiente como PRONATURA, A.C (Figura 3).

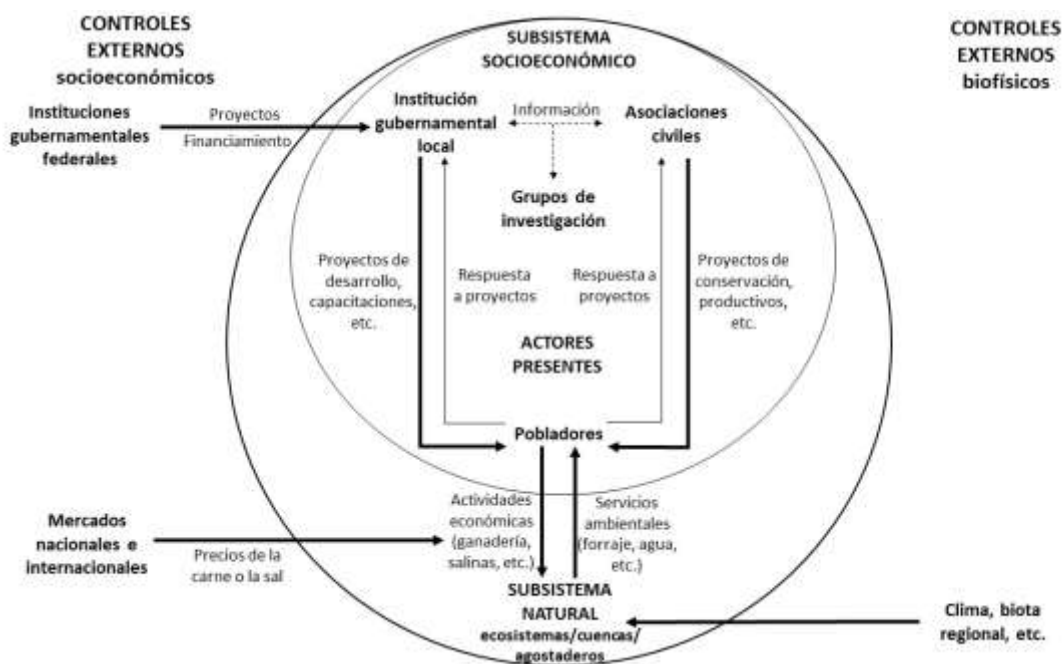


Figura 3. Diagrama de la estructura del sistema socio-ecológico, los principales actores presentes y sus interacciones con los factores internos y externos de la RBM. Las flechas representan las interacciones, las líneas punteadas corresponden a interacciones intermitentes, las líneas sólidas a interacciones constantes y entre más gruesas más fuerte la relación.

Se eligieron 3 componentes principales (CP) que explican el 67.4 % de la variación de los datos (CP1=32.4 %, CP2=19.7 % y CP3=15.1 %), donde se identificaron los indicadores con mayor peso en el cálculo de dichos CP (ver en el Anexo 5 con negritas), los cuales corresponden a los aspectos más importantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero según la percepción de los mismos pobladores.

Cuadro 5. Indicadores con mayor peso en el cálculo de los componentes principales elegidos, resultados del análisis de componentes principales (ACP), y atributos a los que pertenecen.

CP	Indicador	Atributo
CP1	x6	Programa de carne orgánica
Programa de carne orgánica	x7	Programa de carne orgánica
	x8	Programa de carne orgánica
	x10	Infraestructura
CP2	x21	Relación con gobierno
Gobernanza	x27	Organización del ejido
	x29	Organización del ejido
CP3	x32	Relación con medio biofísico
Relación con medio biofísico	x33	Relación con medio biofísico

El primer componente hace referencia al programa de carne orgánica, ya que los atributos con mayor peso se relacionan con dicho atributo (Cuadro 6). El indicador x6 es una afirmación de que la situación económica familiar de los pobladores mejorará con dicho programa. Por su parte, los indicadores x7 y x8 hacen referencia a la necesidad de cambiar el manejo ganadero actual a uno rotacional y a sus beneficios en el menor gasto de tiempo y mayor producción. Y finalmente, el indicador x10 afirma que es necesario instalar potreros y realizar un manejo rotacional, por lo que se relaciona directamente con el programa de carne orgánica aun perteneciendo al atributo de infraestructura (ver Anexos 3 y 5).

El segundo componente hace referencia a la gobernanza (Cuadro 6), debido a que los indicadores x27 y x29 pertenecen al atributo de organización dentro del ejido afirmando que es necesario que exista un líder que guíe la toma de decisiones dentro del ejido y que los miembros más nuevos, como los hijos, sigan con la actividad, respectivamente. De la misma

manera, el x21 se refiere a que es necesario tener una buena relación con CONANP, lo que está relacionado con la organización y liderazgo (ver Anexos 3 y 5).

Finalmente, el tercer componente se refiere a la relación con el medio biofísico (Cuadro 6), que está representada por x32, que afirma que la sequía influye en la toma de decisiones y por x33, que se refiere a la relación de los cercos con la fauna local, la cual, según la percepción de los locales, no es negativa.

6.2. Características generales del paisaje

Las unidades de vegetación tienen una gran variación de tamaño (Cuadro 6; Anexo 6), por lo que todos los datos que se presentarán en las secciones siguientes corresponden a lo obtenido en los gradsects.

Cuadro 6. Valores de los “largos” de las unidades de vegetación en el ejido La Soledad.

Unidad de vegetación	Largo con mayor frecuencia (m)	Largo mínimo (m)	Largo máximo (m)
Duna	79	30	196
Llano	100	20	379
Mogote	45	22	107

Las dunas están colonizadas principalmente por las especies: sangregado (*Jatropha dioica*), gobernadora (*Larrea tridentata*), tatalencho (*Menodora scabra*), entre otras. Por su parte, los llanos, a pesar de que son zonas extensas de suelo desnudo, existen algunas especies capaces de sobrevivir en ellos, sobre todo en las zonas de transición con las dunas y los mogotes; tales como: el hojásén (*Flourensia cernua*), la gobernadora (*Larrea tridentata*), entre otras. Finalmente, en los mogotes dominan la sabaneta (*Hilaria mutica*), la mariola (*Parthenium incanum*) y el mezquite (*Prosopis glandulosa*), etc. En el Anexo 7 se encuentra la lista completa de las especies.

Los mogotes son parches densos de vegetación en forma de banda o media luna, con una cobertura promedio de $67.58 \% \pm 20.6$. Los llanos son zonas de suelo desnudo con algunos parches aislados de vegetación, su porcentaje de cobertura promedio es de $17.09 \% \pm 13.3$. Por último, las dunas tienen un $21.91 \% \pm 10.52$ de cobertura promedio.

En cuanto a la clasificación textural de los suelos de las unidades de vegetación, las dunas están caracterizadas por suelos arenosos y arenoso-franco (arena 84.9 ± 2.3 , limo 12.3 ± 1.72 y arcilla 2.74 ± 1.03 en promedio), los llanos por suelos franco-arenosos y los franco-arcilloso-arenosos (arena 57.94 ± 6.17 , limo 24.27 ± 4.57 y arcilla 17.7 ± 4.84 en promedio) y los mogotes tienen suelos franco-arenosos, francos y franco-arcillosos-arenosos (arena 52.16 ± 8.3 , limo 30.05 ± 4.94 y arcilla 17.7 ± 4.22 en promedio).

6.3. Simulaciones de lluvia

En la Figura 4 se presentan los hidrogramas de escurrimiento de a) las dunas, b) los llanos y c) los mogotes en suelo seco y húmedo tomadas en gradsects de la intensidad de pastoreo alta. Se puede observar que las dunas funcionan como “sumideros” de precipitación, mientras que los llanos y los mogotes muestran altos porcentajes de escurrimiento, lo que coincide con la clasificación textural y a las profundidades medias del nivel de agua, sacadas del centro de la parcela de escurrimiento al final (39.75 ± 2.87 cm, 6.05 ± 2.70 cm, 8.37 ± 0.66 cm, duna, llano y mogote respectivamente). En los tres casos se presentó un aumento del escurrimiento cuando la superficie del suelo se encontraba saturada, lo que aparentemente no coincide con las medias obtenidas de sedimento arrastrado al minuto 30 de lluvia, donde el peso medio de sedimento fue mayor en la condición seca (0.16 ± 0.18 g, 1.35 ± 1.98 g, 1.04 ± 0.95 g, duna, llano y mogote respectivamente) que en la húmeda (0.07 ± 0.12 g, 0.24 ± 0.09 g, 0.78 ± 0.38 g, duna, llano y mogote respectivamente) para todas las unidades de vegetación. Por otro lado, el porcentaje promedio de humedad aumentó con las simulaciones de lluvia, desde el contenido en la condición seca (0.66 ± 0.06 , 1.7 ± 0.17 , 1.75 ± 0.6 , duna, llano y mogote respectivamente), después de la primera simulación (11.25 ± 1.23 , 10.33 ± 2.32 , 10.61 ± 1.45 , duna, llano y mogote respectivamente) hasta la segunda simulación (12.07 ± 1.41 , 11.51 ± 2.28 , 11.89 ± 1.47 , duna, llano y mogote respectivamente).

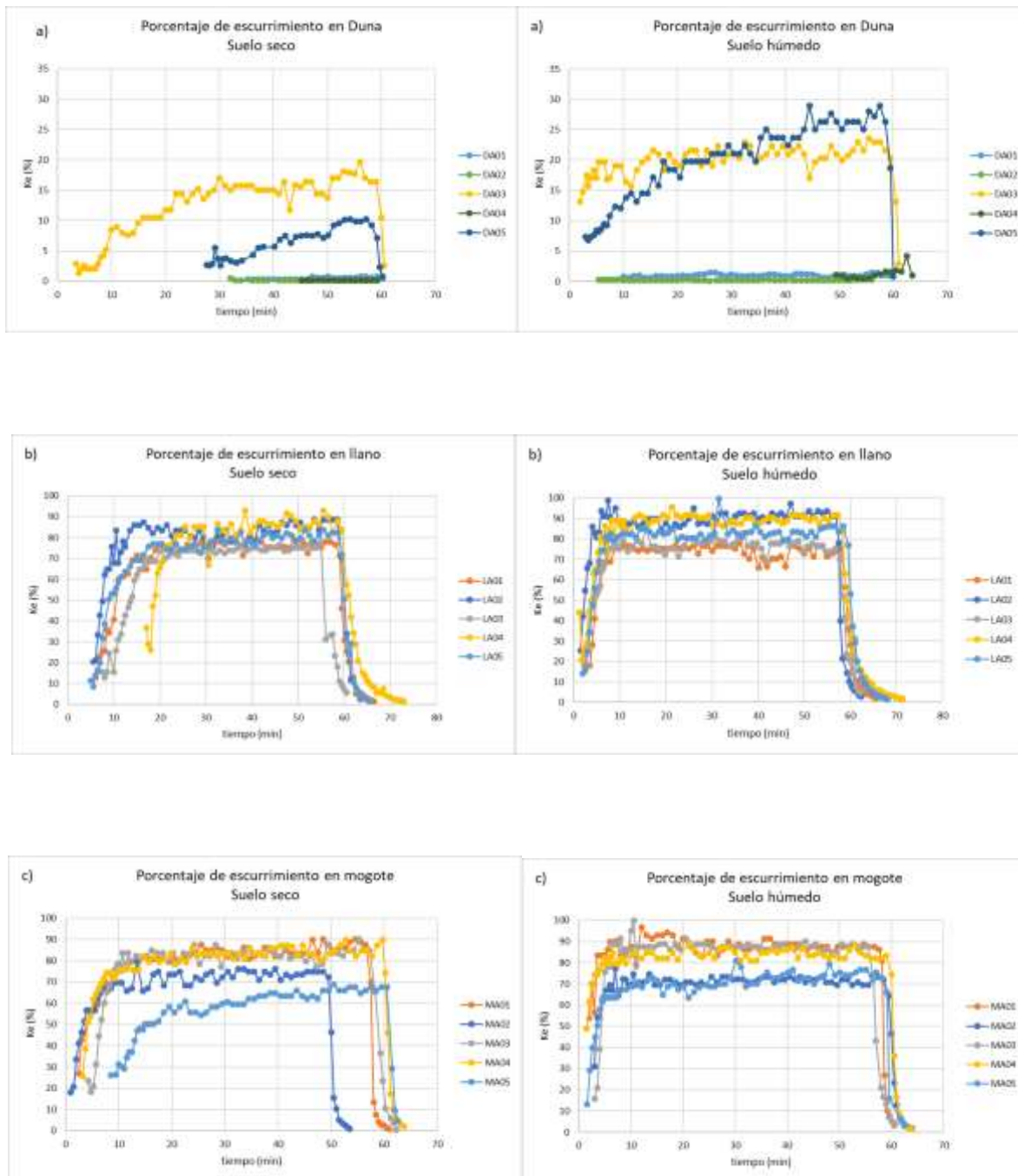


Figura 4. Hidrogramas de escurrimiento en suelo seco y en suelo húmedo (después de 30 minutos del último evento de lluvia) en: a) dunas, b) llanos y c) mogotes a una intensidad de lluvia promedio de 45 mm/h. En el eje “y” se presenta el coeficiente de escurrimiento en porcentaje y en el eje “x” el tiempo en minutos. Cada una de las 5 líneas de cada figura representan una repetición.

6.4. Diagrama general de la relación de las unidades de vegetación en el paisaje.

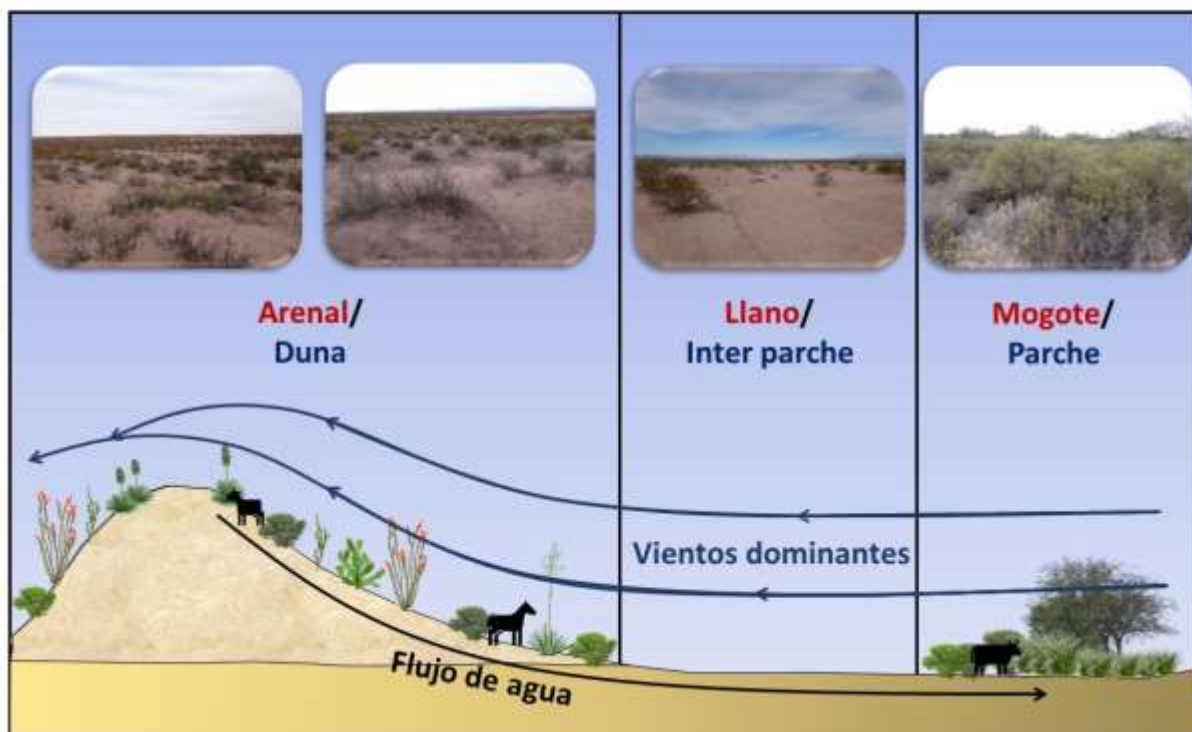


Figura 5. Diagrama simplificado de la relación ecohidrológica entre las tres unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Por medio del conocimiento local, una revisión bibliográfica y los datos antes mencionados, se comprendió de mejor manera el sistema presente en los agostaderos de La Soledad (Figura 5). Dentro del ecosistema se lleva a cabo la ganadería como medio de subsistencia de los pobladores, los cuales, describieron la dinámica de pastoreo. Se tiene un uso del forraje diferenciado temporal y espacialmente, pues el ganado aprovecha las plantas anuales en las dunas y en los llanos; al final de la temporada de lluvias, cuando ese recurso termina; pasan a consumir arbustos, yerbas y pastos anuales restantes en las dunas, donde además se resguardan del frío invernal. De igual manera, aprovechan los mogotes, como sombra en los meses cálidos y para forrajear arbustos y pastos perenes como *Hilaria mutica*.

6.5. Zonificación de la intensidad de pastoreo.

En el ejido la Soledad se identificaron 5 abrevaderos permanentes: 1) el poblado de la soledad, 2) la presa, 3) el presón de los burros, 4) la pila 1 y 5) la pila 2, todos ellos tienen influencia en la distribución del ganado del grupo de interés (La Soledad), en el cual, se

planea tener 4 potreros en un futuro (Actualmente solo existe un potrero, cercado en el 2017; Figura 6). Por medio de los transectos guiados con los ejidatarios se identificaron las intensidades de pastoreo a aproximadamente 0- 1.4 km intensidad alta, 1.4- 2.8 intensidad media y mayor a 2.8 km intensidad baja (Cuadro 2). Las coordenadas y las distancias al aguaje mas cercano de todos los gradsects se encuentran en el Anexo 3.

Se tuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la cantidad de heces de vaca en las tres unidades de vegetación, lo que corrobora el gradiente planteado, al encontrar un menor número de heces en la intensidad baja (Cuadro 7). No hubo diferencias significativas en la cantidad de heces entre las intensidades media y alta en todas las unidades de vegetación. Por otro lado, no se tuvieron diferencias significativas en el número de heces de ganado caprino y equino, salvo en el mogote, donde las medias encontradas en las intensidades media y la baja son mayores que, en la intensidad alta, lo anterior se puede explicar con la experiencia de los pobladores, quienes mencionaron que solo se tienen dos caballos en libertad, más algunos burro ferales, los cuales tienen mayor movilidad que las vacas e intentan estar alejados de los asentamientos humanos.

Cuadro 7. Medias (\pm error estándar) de las heces del ganado bovino, equino y caprino en las unidades de vegetación duna, llano y mogote y las intensidades de pastoreo; alta, media y baja.

Unidad de vegetación	Intensidad	Heces		
		Bovino	Equino	Caprino
Duna	Alta	2.0 \pm 3.01 a	0.0 \pm 0.0 NS	0.75 \pm 1.21 NS
	Media	1.75 \pm 1.13 ab	0.91 \pm 1.16 NS	0.0 \pm 0.0 NS
	Baja	0.75 \pm 1.42 b	0.0 \pm 0.0 NS	0.0 \pm 0.0 NS
Llano	Alta	3.66 \pm 3.96 a	0.25 \pm 0.45 NS	0.16 \pm 0.57 NS
	Media	3.25 \pm 2.37 a	1.0 \pm 1.20 NS	0.0 \pm 0.0 NS
	Baja	1.08 \pm 2.35 b	0.41 \pm 0.90 NS	0.0 \pm 0.0 NS
Mogote	Alta	19.50 \pm 24.28 a	0.41 \pm 0.99 a	0.75 \pm 1.48 NS
	Media	23.0 \pm 20.48 a	4.66 \pm 3.57 b	0.0 \pm 0.0 NS
	Baja	5.75 \pm 8.86 b	4.0 \pm 11.09 b	0.0 \pm 0.0 NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo GLM; NS=No significativa

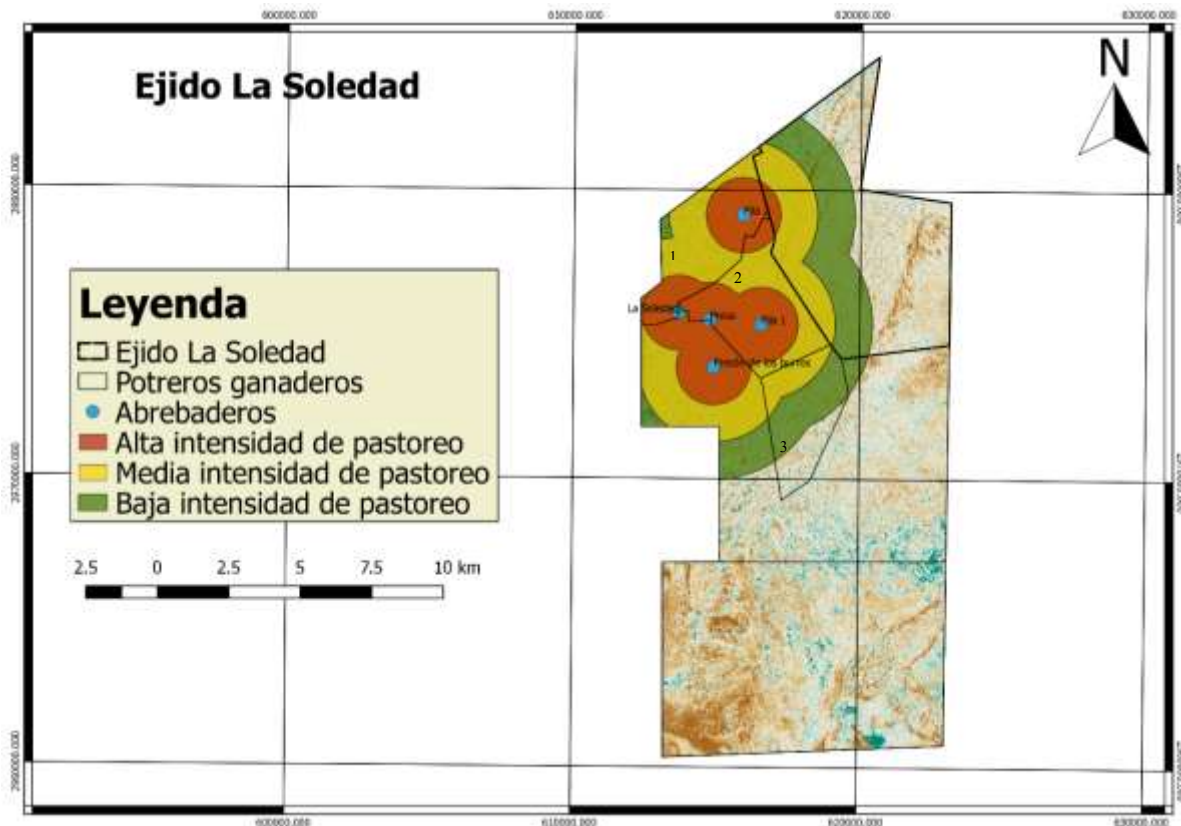


Figura 6. Mapa con zonificación del ejido La Soledad, generado a partir de los abrevaderos permanentes identificados y georreferenciados en los transectos guiados por los ejidatarios. Los potreros 1, 2 y 3 son los que actualmente usa el grupo de trabajo de La Soledad.

6.6. Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo en la composición y estructura de la vegetación.

6.6.1. Riqueza y diversidad

Los análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS; Anexo 7), basados en la abundancia de especies vegetales, muestran un solapamiento de las tres intensidades para las dunas (*Stress NMDS 0.17, k=2*), los llanos (*Stress NMDS 0.19, k=2*) y los mogotes (*Stress NMDS 0.16, k=2*). Por lo que se puede decir que la ganadería no tiene un efecto significativo evidente en la composición vegetal de las unidades de vegetación, esto se corroboró con los resultados de las PERMANOVAS de duna ($p = 0.25, F = 1.24$), llano ($p = 0.29, F = 1.17$) y mogote ($p = 0.58, F = 0.69$).

Así mismo, el gradiente de intensidad de pastoreo no tuvo efecto significativo sobre la riqueza de las dunas y los llanos ($p > 0.05$), pero si lo tuvo para la riqueza de los mogotes ($p < 0.05$), donde la intensidad alta fue la mayor (Cuadro 8), se puede observar que los errores son considerablemente grandes, lo que indica que existieron variaciones importantes entre los transectos dentro de las intensidades de pastoreo. Por otro lado, el gradiente de intensidad de pastoreo no tuvo efectos significativos en la diversidad en los llanos y los mogotes ($p = 0.75$, $F = 0.28$, $g.l. 15$ y $p = 0.42$, $F = 0.89$, $g.l. 15$, respectivamente), pero si para las dunas ($p = 0.04$, $F = 3.87$, $g.l. 15$), donde las intensidades alta y baja no tienen diferencias significativas entre ellas y son mayores a la intensidad media, esto se debe a que, a pesar de que la riqueza de las tres intensidades no es significativamente diferente, en la intensidad media se tiene un alta dominancia de sangregado (*Jatropha dioica*; Figura 7).

Cuadro 8. Media (\pm error estándar) de la riqueza y el índice de Shannon de las tres intensidades (alta, media y baja) en las unidades de vegetación: duna, llano y mogote.

Unidad de vegetación	Intensidad	Riqueza	Índice de Shannon
Duna	Alta	7.50 \pm 2.34 NS	1.55 \pm 0.34 a
	Media	7.50 \pm 2.25 NS	1.05 \pm 0.34 b
	Baja	8.66 \pm 2.25 NS	1.49 \pm 0.33 a
Llano	Alta	5.5 \pm 2.94 NS	1.14 \pm 0.42 NS
	Media	4.0 \pm 1.54 NS	1.02 \pm 0.40 NS
	Baja	5.5 \pm 3.20 NS	1.26 \pm 0.80 NS
Mogote	Alta	12.33 \pm 3.72 b	0.85 \pm 0.42 NS
	Media	8.50 \pm 1.87 a	0.53 \pm 0.31 NS
	Baja	8.33 \pm 1.96 a	0.82 \pm 0.52 NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos de los modelos GLM para riqueza y diversidad, respectivamente; NS=No significativa

Donde se pueden ver diferencias es en las abundancias de algunas especies, los análisis NMDS (Anexo 8) muestran que las comunidades no son perfectamente iguales debido a esto. Así mismo, el análisis SIMPER mostró disimilitud significativa en dunas entre las intensidades baja y alta, donde las especies con porcentaje de contribución mayor fueron: el hojaseñ (*Flourensia cernua*), que está más presente en la baja intensidad, y el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), que está más presente en la intensidad baja (ver Anexo 9 y Figura 7). Por su parte, en el llano solo mostró disimilitud significativa entre las intensidades media y baja,

siendo el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) la única especie que aportó y que está más presente en la baja intensidad (ver Anexo 9 y Figura 7). Finalmente, en los mogotes se tienen disimilitudes significativas entre todas las intensidades de pastoreo. Coincidentemente con la riqueza mostrada en el Cuadro 8, la intensidad alta tiene diferencias con las otras dos intensidades, principalmente por su alta abundancia de los arbustos forrajeros: 1) jazmín (*Aloysia wrightii*) y arbusto rosita (*Rhus microphylla*; ver Anexo 9 y Figura 7). Por otro lado, la intensidad media y la baja muestran disimilitud porque existe una mayor abundancia de las especies raras en la intensidad media: 1) nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), 2) nopal cegador (*Opuntia microdasys*) y 3) biznaga (*Ferocactus haematacanthus*; ver Anexo 9 y Figura 7). Cabe mencionar, que a pesar de que en análisis de porcentaje de similitud no aparecen como significativas, existen tendencias claras de una mayor dominancia de pastos perennes forrajeros como el sabaneta (HM) *Hilaria mutica* en la intensidad alta del mogote y del zacate borreguero (ZB) *Dasyochloa pulchella* en la intensidad alta en los llanos (Figura 7).

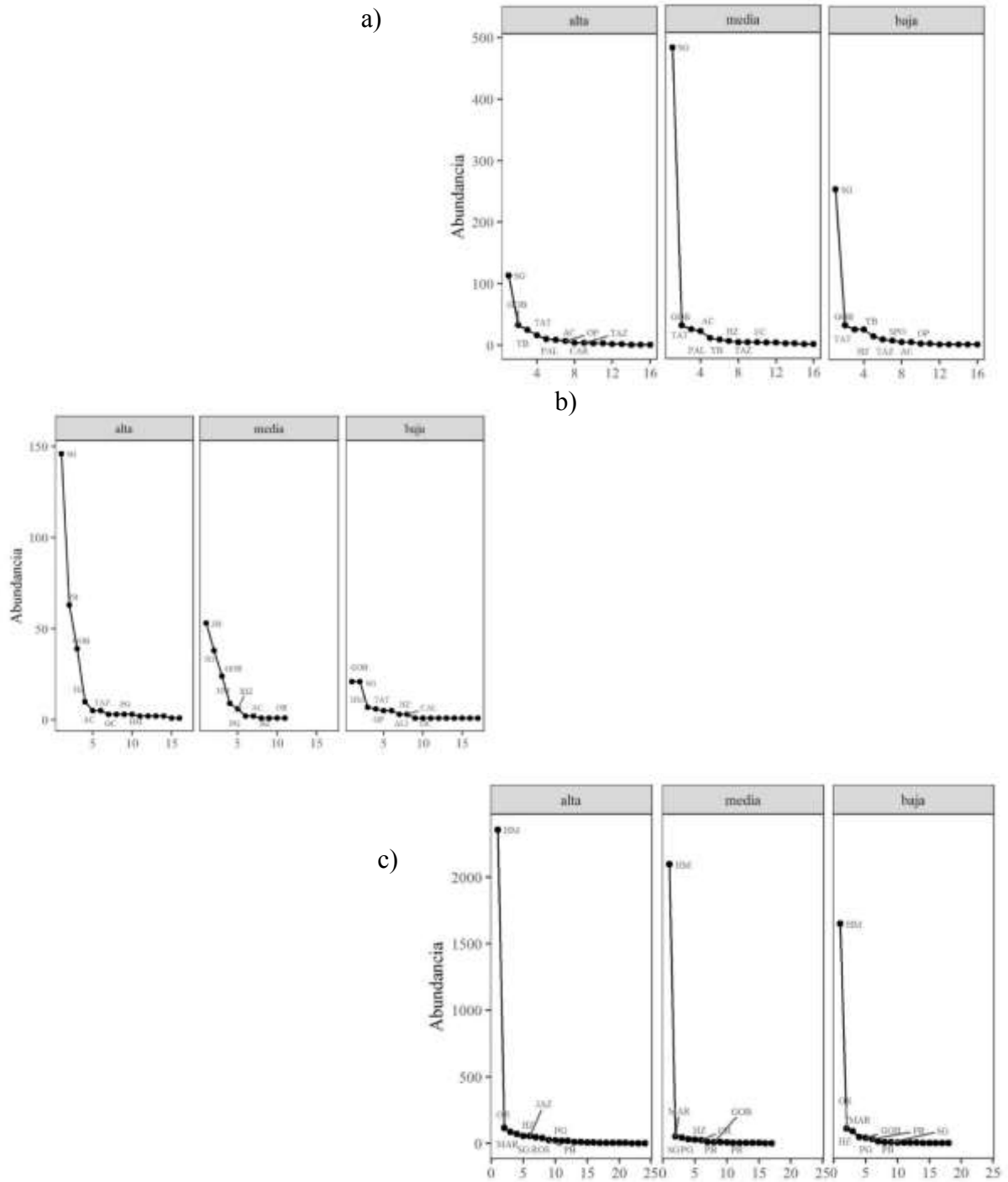


Figura 7. Curvas rango-abundancia relativa de las especies presentes en las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogotes, donde el eje x representa las especies ordenadas de acuerdo con su importancia y el eje y representa el número total de individuos. El significado de los códigos se puede consultar en el Anexo 6.

6.6.2. Cobertura de la vegetación

De acuerdo con los modelos GLM no se tuvo efecto del gradiente de intensidad de pastoreo en el porcentaje de cobertura vegetal en dunas ($p = 0.16$, $F = 2.05$, *g.l.* 15), en llanos ($p = 0.18$, $F = 1.88$, *g.l.* 15) ni en mogotes ($p = 0.10$, $F = 2.57$, *g.l.* 15; ver Cuadro 9). Sin embargo, tanto en duna como en llano se tienen promedios de porcentaje de cobertura mayores en las intensidades baja y media que en la alta intensidad. Por otro lado, la intensidad de pastoreo tampoco tuvo efectos significativos en los porcentajes de suelo desnudo en las dunas ($p = 0.16$, $F = 2.05$, *g.l.* 15), en los llanos ($p = 0.18$, $F = 1.88$, *g.l.* 15) ni en los mogotes ($p = 0.10$, $F = 2.57$, *g.l.* 15), donde en los últimos, se destaca que la intensidad alta tiene menor porcentaje promedio de suelo desnudo, lo que indica mogotes más densos (Cuadro 9).

Sin embargo, existen diferencias en las coberturas de algunas especies por cada intensidad de pastoreo. En la Figura 8 se pueden observar las coberturas promedio de las especies perennes forrajeras y de la costra biológica identificadas por medio de los transectos guiados. En dunas estaca la disminución, en la intensidad alta respecto a la baja, del nopal rastrero (OP; *Opuntia rastrera*) y el nopal cegador (OP; *Opuntia microdasys*), ambos muy consumidos por el ganado en temporada seca; así como de la costra biológica (COSTRA), la cual puede verse afectada por el pisoteo constante. También, existe un aumento del porcentaje de cobertura de la gobernadora (GOB; *Larrea tridentata*) en la intensidad alta comparándola con las otras dos intensidades (Figura 8).

Cuadro 9. Media (\pm error estándar) de los porcentajes de cobertura vegetal total y de suelo desnudo de las tres intensidades (alta, media y baja) en las unidades de vegetación.

Unidad de vegetación	Intensidad	% Cobertura vegetal total	% Suelo desnudo total
Duna	Alta	16.44 \pm 5.80 NS	83.55 \pm 5.80 NS
	Media	28.02 \pm 10.79 NS	71.97 \pm 10.79 NS
	Baja	21.27 \pm 12.06 NS	78.72 \pm 12.06 NS
Llano	Alta	11.44 \pm 4.22 NS	88.55 \pm 4.22 NS
	Media	25.11 \pm 19.93 NS	74.88 \pm 19.93 NS
	Baja	14.71 \pm 8.49 NS	85.28 \pm 8.49 NS
Mogote	Alta	81.93 \pm 13.94 NS	18.06 \pm 13.94 NS
	Media	60.55 \pm 19.04 NS	39.44 \pm 19.04 NS
	Baja	60.26 \pm 22.86 NS	39.73 \pm 22.86 NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo GLM; NS=No significativa

Por su lado, en el llano continua la disminución del porcentaje de cobertura promedio de la costra biológica en la intensidad alta comparada con las medias y la baja. En esta unidad de vegetación, la costra biológica representa una parte importante de la protección del suelo a la erosión. De la misma manera, se puede observar un aumento del porcentaje de cobertura de la gobernadora (GOB; *Larrea tridentata*) en la intensidad alta comparándola con las otras dos intensidades (Figura 8).

Finalmente, las coberturas promedio de las especies forrajeras en los mogotes parecen no ser afectadas por el pastoreo, salvo algunas excepciones como el jazmín (JAZ; *Aloysia wrightii*) y orégano (OR; *Lippia graveolens*), que cubren mayor porcentaje de los mogotes de la alta intensidad (Figura 8).

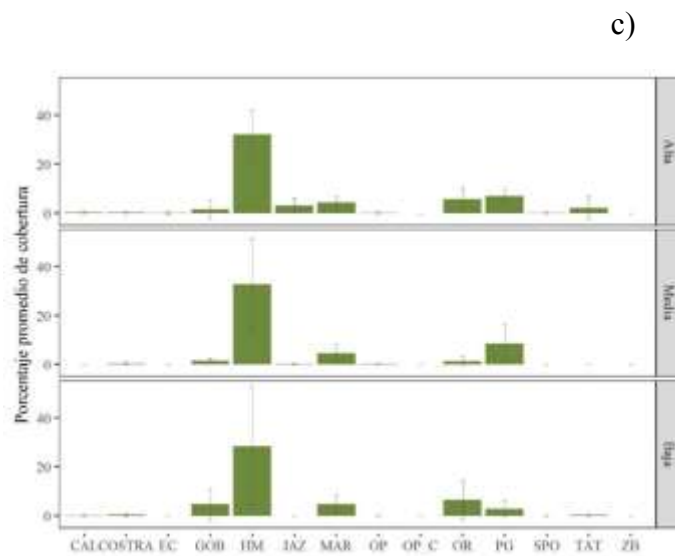
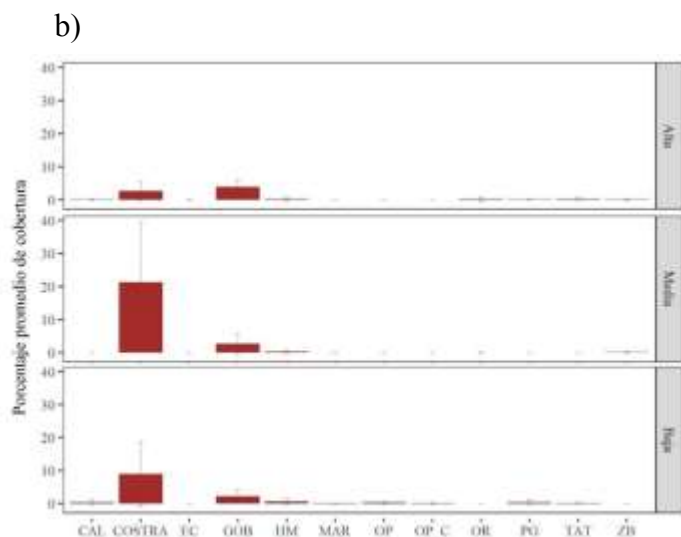
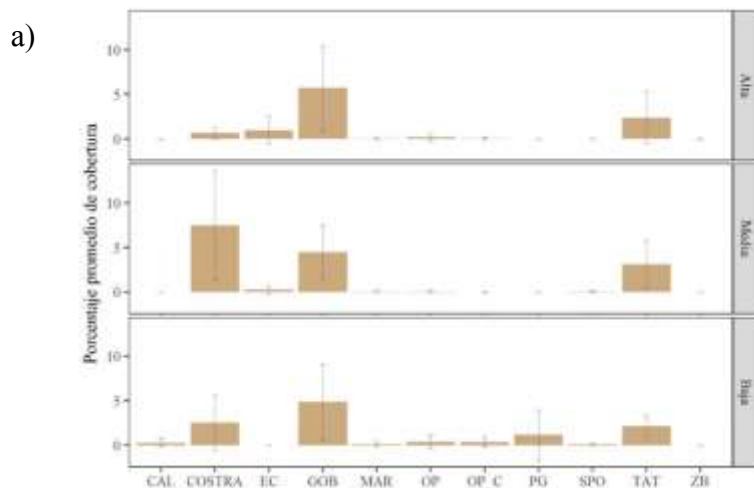


Figura 8. Gráficos de barras de medias (\pm error estándar) de porcentajes de las coberturas de las especies forrajeras y costra biológica en las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogotes. Las especies que se muestran: calderona (CAL; *Krameria grayi*), costra biológica (COSTRA), engorda cabras (EC; *Lycium berlandieri*), gobernadora (GOB; *Larrea tridentata*), mariola (MAR; *Parthenium incanum*), nopal rastrero (OP; *Opuntia rastrera*), nopal cegador (OP; *Opuntia microdasys*), mezquite (PG; *Prosopis glandulosa*), pasto sporobolus (SPO; *Sporobolus contractus*), Tatalencho (TAT; *Menodora scabra*), zacate borreguero (ZB; *Dasyochloa pulchella*), sabaneta (HM; *Hilaria mutica*), jazmín (JAZ; *Aloysia wrightii*) y orégano (OR; *Lippia graveolens*).

6.7. Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo sobre características del suelo

6.7.1. Textura del suelo

No existe un efecto significativo del gradiente de intensidad de pastoreo sobre el porcentaje de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) en duna ($p = 0.25$, $F= 1.47$, $r^2= 0.16$), llano ($p = 0.068$, $F= 2.36$, $r^2= 0.23$) y mogote ($p = 0.72$, $F= 0.44$, $r^2=0.05$). Así como tampoco se tuvo dicho efecto en suelo desnudo de duna ($p = 0.62$, $F=0.55$, $r^2= 0.06$), llano ($p = 0.086$, $F= 2.24$, $r^2= 0.23$) y mogote ($p = 0.82$, $F= 0.21$, $r^2=0.02$; ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias (\pm error estándar) de los porcentajes promedio de las partículas del suelo dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) y en suelo desnudo, por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Unidad de vegetación	Intensidad	Textura					
		En parche			En suelo desnudo		
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Duna	Alta	85.61 \pm 1.50	11.76 \pm 1.64	2.62 \pm 1.07	84.28 \pm 2.09	12.43 \pm 1.44	3.28 \pm 1.10
	Media	86.28 \pm 1.67	11.72 \pm 1.67	2.0 \pm 0.0	85.61 \pm 1.96	12.10 \pm 1.59	2.28 \pm 0.84
	Baja	87.28 \pm 2.19	10.05 \pm 1.63	2.66 \pm 1.03	84.94 \pm 2.94	12.38 \pm 2.33	2.66 \pm 1.03
Llano	Alta	59.61 \pm 5.71	24.38 \pm 3.66	16.00 \pm 4.19	58.61 \pm 6.53	26.05 \pm 4.67	15.33 \pm 4.67
	Media	52.61 \pm 1.63	25.72 \pm 4.14	21.66 \pm 2.94	53.94 \pm 4.67	25.05 \pm 5.27	21.00 \pm 4.14
	Baja	60.61 \pm 6.28	24.38 \pm 7.52	15.00 \pm 6.54	61.28 \pm 5.65	21.72 \pm 3.03	17.00 \pm 4.51
Mogote	Alta	53.28 \pm 12.7	29.72 \pm 7.23	17.00 \pm 5.62	50.94 \pm 10.8	30.72 \pm 6.32	18.33 \pm 4.96
	Media	54.61 \pm 5.60	26.38 \pm 3.88	19.00 \pm 3.28	54.28 \pm 6.78	28.38 \pm 4.96	17.33 \pm 2.73
	Baja	49.94 \pm 6.02	28.38 \pm 5.12	21.66 \pm 7.94	51.28 \pm 8.09	31.05 \pm 3.66	17.66 \pm 5.27

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo PERMANOVA; NS=No significativa

6.7.2. Densidad aparente

El modelo mixto mostró diferencias significativas ($p<0.05$) en las dunas y llanos, donde en ambos casos la densidad aparente del suelo desnudo fue similar en las intensidades alta y baja, pero menores en la intensidad media (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias (\pm error estándar) de densidad aparente y del contenido de nitrógeno y carbono dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) y en el suelo desnudo, por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Unidad de vegetación	Intensidad	Densidad aparente	Contenido de nitrógeno (g/kg)		Contenido de carbono (g/kg)	
			En parche	En suelo desnudo	En parche	En suelo desnudo
Duna	Alta	1.75 \pm 0.14 ab	0.716 \pm 0.172 a	0.7 \pm 0.154 NS	4.416 \pm 1.927 a	3.383 \pm 2.745 NS
	Media	1.71 \pm 0.21 b	0.2 \pm 0.154 b	0.150 \pm 0.083 NS	1.966 \pm 1.292 b	0.683 \pm 1.146 NS
	Baja	1.93 \pm 0.19 a	0.633 \pm 0.081 a	1.316 \pm 1.804 NS	1.183 \pm 1.185 b	1.466 \pm 1.091 NS
Llano	Alta	1.63 \pm 0.13 a	0.833 \pm 0.206 a	0.8 \pm 0.189 a	12.333 \pm 2.254 NS	12.966 \pm 4.273 NS
	Media	1.39 \pm 0.11 b	1.733 \pm 0.242 b	1.650 \pm 0.288 b	9.683 \pm 2.781 NS	12.533 \pm 3.665 NS
	Baja	1.61 \pm 0.20 a	1.966 \pm 0.206 b	2.033 \pm 0.382 b	11.950 \pm 2.614 NS	11.866 \pm 2.439 NS
Mogote	Alta	1.44 \pm 0.17 NS	2.2 \pm 0.579 a	1.9 \pm 0.374 a	22.933 \pm 9.408 a	19.100 \pm 6.146 a
	Media	1.35 \pm 0.16 NS	1.216 \pm 0.449 b	1.133 \pm 0.242 b	12.616 \pm 2.642 b	11.033 \pm 3.461 b
	Baja	1.43 \pm 0.21 NS	1.183 \pm 0.240 b	0.950 \pm 0.350 b	17.616 \pm 5.257 ab	15.533 \pm 4.966 ab

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos de los modelos: modelo lineal mixto y modelos GLM, para densidad aparente y contenido de nitrógeno carbono, respectivamente; NS=No significativa

6.7.3. Contenido de carbono orgánico y nitrógeno total

El gradiente de intensidad de pastoreo tuvo un efecto significativo en el contenido de nitrógeno total de las 3 unidades de vegetación (Cuadro 11). Donde, en el parche de Tatalencho (*Menodora scabra*) de la duna ($p < 0.05$ $F=22.96$ $g.l.= 15$) destaca el bajo contenido de nitrógeno en la intensidad media comparado con las otras dos intensidades, el mismo patrón se cumple en el suelo desnudo, a pesar de que no existen diferencias significativas entre las intensidades de pastoreo ($p = 0.18$ $F=1.86$ $g.l.= 15$). En llano, tanto

en el parche de costra biológica ($p < 0.05$ $F=44.7$ $g.l. = 15$), como en el suelo desnudo ($p < 0.05$ $F=26.99$ $g.l. = 15$) el contenido de nitrógeno total en la intensidad alta es menor que en las intensidades media y baja. Por otro lado, en mogote el contenido de nitrógeno total en la intensidad alta es mayor tanto en el parche de sabaneta (*Hilaria mutica*; $p < 0.05$ $F=10.09$ $g.l. = 15$), como en el suelo desnudo ($p < 0.05$ $F=14.21$ $g.l. = 15$) que en las otras intensidades.

En cambio, el gradiente de intensidad de pastoreo no tuvo un efecto significativo en el contenido de carbono orgánico en el parche de costra biológica ($p = 0.18$ $F=1.87$ $g.l. = 15$) ni en el suelo desnudo ($p = 0.86$ $F=0.14$ $g.l. = 15$) del llano. Pero si lo hubo en las otras 2 unidades de vegetación: en la duna se tiene un contenido de carbono orgánico mayor en la intensidad alta, tanto en el parche de Tatalencho (*Menodora scabra*; $p = 0.005$ $F=7.54$ $g.l. = 15$), como en el suelo desnudo ($p = 0.058$ $F=3.45$ $g.l. = 15$), aunque en este último no se tengan diferencias significativas. Por su parte en el mogote se tienen diferencias significativas en el contenido de carbono orgánico total tanto en el parche de sabaneta (*Hilaria mutica*; $p = 0.0435$ $F=3.89$ $g.l. = 15$), como en el suelo desnudo ($p = 0.041$ $F=3.95$ $g.l. = 15$), donde destaca que en las intensidades alta y media difieren, siendo mayor en la alta, pero en ninguna de las dos difiere con la baja (Cuadro 11).

6.8. Efecto del gradiente de intensidad de pastoreo sobre la funcionalidad del paisaje

6.8.1. Índices de organización del paisaje

El análisis MANOVA mostró un efecto significativo del gradiente de pastoreo solo en el índice de organización del paisaje en duna ($p < 0.05$, $F = 5.45$, $gl = 15$), que fue mayor en la media que en la alta, pero ninguna de las dos difiere con la baja (Cuadro 12). También se puede observar que el índice de área del parche tiene una tendencia similar a la alta mencionada, aunque no tenga diferencias significativas ($p=0.06$), estos indican que los parches de vegetación en las dunas de la media intensidad son mayores con respecto a las dunas de las otras intensidades de pastoreo; lo cual, coincide con las coberturas totales vegetales mencionadas anteriormente.

Cuadro 12. Medias (\pm error estándar) de índices de organización del paisaje por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Unidad de vegetación	Intensidad	Número de parches	Área del parche	Índice de área de parche	Longitud del inter-parche	Índice de organización del paisaje
Duna	Alta	1.70 \pm 0.52 NS	54.1 \pm 51.37 NS	0.10 \pm 0.05 NS	4.24 \pm 1.33 NS	0.27 \pm 0.04 a
	Media	1.58 \pm 0.29 NS	132.1 \pm 82.98 NS	0.13 \pm 0.06 NS	3.89 \pm 1.22 NS	0.42 \pm 0.11 b
	Baja	1.66 \pm 0.38 NS	90.6 \pm 66.38 NS	0.18 \pm 0.07 NS	4.08 \pm 1.19 NS	0.35 \pm 0.05 ab
Llano	Alta	0.56 \pm 0.29 NS	22.53 \pm 28.36 NS	0.01 \pm 0.01 NS	11.32 \pm 4.37 NS	0.08 \pm 0.04 NS
	Media	0.28 \pm 0.24 NS	4.96 \pm 4.68 NS	0.005 \pm 0.004 NS	16.48 \pm 12.06 NS	0.03 \pm 0.02 NS
	Baja	0.51 \pm 0.55 NS	13.06 \pm 13.95 NS	0.05 \pm 0.09 NS	12.82 \pm 9.85 NS	0.07 \pm 0.07 NS
Mogote	Alta	4.21 \pm 1.72 NS	89.31 \pm 65.82 NS	0.18 \pm 0.07 NS	1.11 \pm 0.32 NS	0.54 \pm 0.08 NS
	Media	4.38 \pm 0.99 NS	59.95 \pm 38.73 NS	0.15 \pm 0.06 NS	1.16 \pm 0.29 NS	0.53 \pm 0.07 NS
	Baja	4.28 \pm 1.15 NS	60.76 \pm 44.18 NS	0.13 \pm 0.10 NS	1.40 \pm 0.47 NS	0.41 \pm 0.19 NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo MANOVA; NS=No significativa

6.8.2. Índices de la salud del suelo

El análisis MANOVA no mostró un efecto significativo del gradiente de pastoreo sobre los 3 índices del SSA en los parches seleccionados ni en suelo desnudo de las unidades de vegetación (Cuadro 13).

Cuadro 13. Medias (\pm error estándar) de índices de la salud del suelo dentro del parche seleccionado (Tatalencho, costra biológica y sabaneta para duna, llano y mogote, respectivamente) y en el suelo desnudo por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Unidad de vegetación	Intensidad	En parche			En suelo desnudo		
		Infiltración	Estabilidad	Nutrientes	Infiltración	Estabilidad	Nutrientes
Duna	Alta	52.0 \pm 8.06	44.50 \pm 6.04	42.4 \pm 13.11	26.76 \pm 4.85	31.15 \pm 2.31	9.38 \pm 1.24
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Media	64.13 \pm	46.03 \pm 3.79	44.68 \pm	34.70 \pm 8.36	32.83 \pm 3.22	11.43 \pm 2.48
		14.49 NS	NS	12.83 NS	NS	NS	NS
	Baja	57.85 \pm	42.60 \pm 3.81	41.18 \pm	31.36 \pm 6.13	31.86 \pm 2.89	11.10 \pm 5.11
		15.99 NS	NS	14.56 NS	NS	NS	NS
Llano	Alta	18.13 \pm 1.84	50.33 \pm 3.00	15.41 \pm 1.96	17.61 \pm 3.20	43.30 \pm 3.34	9.33 \pm 1.40
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Media	19.13 \pm 2.17	55.13 \pm 3.48	16.36 \pm 1.39	16.73 \pm 1.03	44.23 \pm 2.35	9.31 \pm 1.16
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Baja	17.61 \pm 2.21	50.0 \pm 3.05	15.70 \pm 1.96	17.73 \pm 1.22	44.66 \pm 2.42	9.41 \pm 0.89
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mogote	Alta	52.35 \pm 1.64	69.65 \pm 4.74	66.61 \pm 5.7	30.26 \pm 6.80	51.91 \pm 3.54	26.96 \pm 10.33
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Media	52.60 \pm 1.71	73.10 \pm 1.89	64.18 \pm 3.76	23.88 \pm 5.10	52.50 \pm 1.61	19.03 \pm 4.39
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Baja	50.80 \pm 1.92	73.73 \pm 2.12	64.43 \pm 3.21	33.20 \pm 10.96	56.31 \pm 4.54	34.73 \pm 16.40
		NS	NS	NS		NS	NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo MANOVA; NS=No significativa

6.9. Índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero.

En duna se tuvo diferencias significativas en el índice de plantas deseables ($p= 0.009$, $F=6.543$, $g.l.= 15$), donde el valor promedio en la intensidad media es mayor que el de las intensidades alta y baja, el mismo patrón se tuvo en los índices de estado de la vegetación ($p= 0.052$, $F= 3.606$, $g.l.= 15$) y de cobertura vegetal ($p= 0.005$, $F= 7.566$, $g.l.= 15$), los cuales también presentaron diferencias significativas (ver Figura 9 y Anexo 10); lo que puede indicar que el gradiente de ganadería tiene efecto significativo sobre la composición de especies deseables y su cobertura en dunas, según los criterios locales. Por otro lado, los índices de capacidad de regeneración ($p= 0.109$, $F= 2.578$, $g.l.= 15$) y estabilidad del suelo ($p= 0.7851$, $F= 0.2459$, $g.l.= 15$) no presentaron diferencias significativas.

En el caso de los llanos no se tuvieron diferencias significativas entre los índices en las diferentes intensidades de pastoreo (plantas deseables, $p= 0.1633$, $F= 2.045$, $g.l.= 15$; estado de la vegetación, $p= 0.1837$, $F= 1.901$, $g.l.= 15$; capacidad de regeneración, $p= 0.0753$, $F=3.088$, $g.l.= 15$; cobertura vegetal, $p= 0.4863$, $F=0.7568$, $g.l.= 15$; estabilidad del suelo $p= 0.5371$, $F= 0.6481$, $g.l.= 15$). Sin embargo, se puede observar que el valor promedio de la media intensidad de pastoreo es mayor en los índices: plantas deseables, estado de la vegetación y capacidad de regeneración (Figura 9).

Para los mogotes tampoco se tuvieron diferencias significativas entre los índices en las diferentes intensidades de pastoreo (plantas deseables, $p= 0.8571$, $F= 0.1558$, $g.l.= 15$; estado de la vegetación, $p= 0.5699$, $F= 0.584$, $g.l.= 15$; capacidad de regeneración, $p=0.2097$, $F= 1.737$, $g.l.= 15$; cobertura vegetal, $p= 0.3385$, $F= 1.165$, $g.l.= 15$; estabilidad del suelo, $p= 0.8777$, $F= 0.1316$, $g.l.= 15$). En la Figura 9 se puede observar que los índices en las 3 intensidades de pastoreo de mogote son similares.

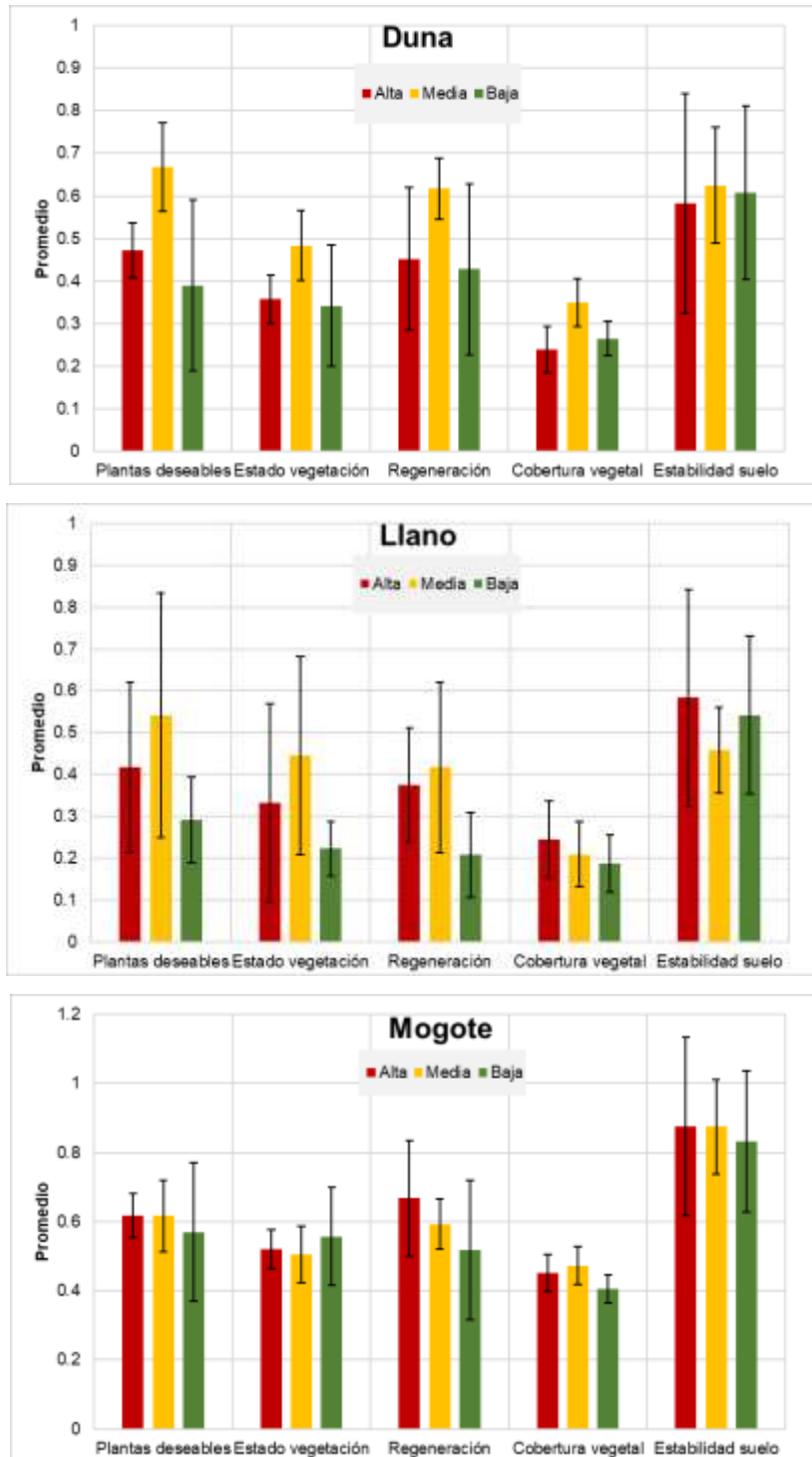


Figura 9. Graficas de barra de las medias (\pm error estándar) de índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

7. Discusión

Los agostaderos de las zonas áridas son sistemas socio-ecológicos altamente heterogéneos y dinámicos a nivel espacial y temporal por los múltiples factores externos e internos y sus interacciones, en ellos se pueden encontrar una alta variabilidad espacio-temporal de la precipitación (Cherlet et al., 2018; UNCCD, 2016a), volatilidad de los mercados de los productos básicos de los agostaderos como carne, leche, lana, entre otros, desintegración del capital social por migración, cambios en la composición de las comunidades vegetales y en el funcionamiento de los ecosistemas con efectos directos en el bienestar humano (Safriel et al., 2005). Los efectos de los cambios direccionales actualmente controlando el mundo se están manifestando a todos los niveles (Safriel, 2017) y han convertido estos sistemas productivos de las zonas áridas en sistemas complejos con poca predictibilidad que requiere una alta adaptabilidad por parte de los tomadores de decisión a nivel local como los ganaderos y sus familias (Walker et al., 2009; Westoby et al., 1989). La Reserva de la Biosfera de Mapimí es un microcosmo en el centro de las zonas áridas de México, donde se encuentran grandes retos de conservación y desarrollo sostenible (Kaus, 1993; Toledo, 2005) bajo la influencia de cambio climático global/regional, cambios socio-políticos y económicos nacionales y cambios en el funcionamiento y productividad de los ecosistemas directamente afectando los modos de vida de las personas viviendo por generaciones en los ejidos que forman la RBM.

Este trabajo provee evidencias de que, aunque cuando el pastoreo es libre continuo, se generan gradientes pronunciados de diferentes intensidades de pastoreo, con respecto a las fuentes permanentes de agua. El incremento de la intensidad de pastoreo está asociado con efectos adversos o beneficiosos para la estructura y composición de la vegetación y en la salud del suelo del paisaje compuesto por dunas, llanos y mogotes del ejido La Soledad, RBM. En particular, el enfoque participativo de este trabajo permitió combinar el conocimiento científico con el local/tradicional, por medio de relaciones de confianza entre el grupo de científicos interdisciplinarios y los pobladores del ejido, lo que a su vez, permitió flujos de información eficientes (Bautista et al., 2017; Stringer et al., 2006), para el entendimiento de la relación ecohidrológica entre las tres unidades de vegetación en el paisaje, el efecto de la ganadería sobre éstas, así como, para la identificación de los factores

socio- ecológicos más importantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero en el sistema socio-ecológico de la RBM.

La RBM es un sistema complejo, donde el subsistema socioeconómico está completamente inmerso dentro del ecosistema. Al ser una reserva de la biosfera existe una dualidad entre los objetivos gubernamentales de conservación y las actividades económicas de los pobladores (Kaus, 1993; Toledo, 2005), por lo que las principales relaciones actuales entre los actores es por medio de los proyectos productivos y/o de capacitación, que atienden los objetivos de CONANP y de PRONATURA y que traen beneficios a los pobladores. Sin embargo, actualmente existe un enfoque “*top-down*” en la organización y planeación de proyectos (Stringer et al., 2006), ya que a pesar de que existe un consejo consultivo, compuesto por diferentes actores, que toman decisiones importantes como la asignación de los proyectos a los diferentes ejidos; hay poca retroalimentación desde los pobladores a las instituciones a otras escalas, lo que puede significar que no se alcancen los objetivos de dichos proyectos; de ahí la importancia de generar conocimiento basado en el sitio con un enfoque participativo (Agrawal and Gibson, 1999; Stringer et al., 2006).

Como principal actividad económica, la ganadería no es una excepción; ya que la percepción de los pobladores acerca de los principales factores socioeconómicos actuales que influyen en la toma de decisiones en el manejo ganadero hacen alusión a las relaciones con los otros actores. El programa de carne orgánica es un buen ejemplo, ya que es promovido por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y es visto por los pobladores como una alternativa que mejorará la calidad su calidad de vida. Actualmente, al menos cuatro ejidos dentro de la RBM basan su manejo ganadero de acuerdo con los principios de dicho programa, además, se ha comenzado con la instalación de infraestructura como cercos y abrevaderos. La adopción del programa de carne orgánica y otras decisiones de manejo depende de la organización de cada ejido en particular (Ostrom, 2009), los cuales tienen en común una buena relación con las instituciones promotoras del proyecto y, generalmente, poseen un líder que motiva a los demás, como en el caso del ejido La Soledad. La adopción del programa de carne orgánica también está relacionada con la relación con el medio biofísico percibida por los pobladores, ya que los cambios ocasionados en el clima, como las

sequías, influyen directamente en las decisiones del manejo y en adoptar los nuevos programas o no.

Cabe mencionar que dichos factores socioeconómicos más importantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero, detectados en este estudio; pudieron ser influenciados por el grupo utilizado para las entrevistas estructuradas, ya que a pesar de que se trató de cubrir la mayor diversidad de encuestados posible, la poca cantidad de pobladores en la reserva no permitió que se obtuviera una “*n*” mayor para un análisis más robusto de los datos (Amin and Isa, 2008; Iriondo et al., 2003).

7.1. El paisaje de La Soledad.

Los datos obtenidos indican que las unidades de vegetación 1) duna, 2) llano y 3) mogote están relacionadas y conectadas eco hidrológicamente. Los paisajes compuestos de parches de vegetación asociados a inter parches de suelo desnudo existen en algunos ecosistemas áridos y semiáridos (Ludwig et al., 1999), donde se pueden observar parches de vegetación, que pueden ser de formas diferentes como manchas (*stipples*), franjas como rayas (*stripes*) o franjas anchas (*strand*) (Ludwig et al., 1999).

Estos parches o mogotes están determinados por la distribución de recursos limitantes, como el agua, en ciertas zonas del paisaje por procesos de acumulación y escurrimiento (Ludwig et al., 1999; Rietkerk et al., 2004; Tongway et al., 2001). Representan estados estables del ecosistema debido a retroalimentaciones positivas, pues se crean islas de fertilidad que retienen mejor el agua de lluvia, que mejoran las condiciones del suelo y que benefician el establecimiento de plantas aguas arriba de los mogotes (Ludwig et al., 2005, 1999), pero al mismo tiempo, se hace difícil el restablecimiento de éstas en las zonas que han quedado desnudas (Jimenez Aguilar et al., 2009; Rietkerk et al., 2004); la anchura de los mogotes se mantiene estable, debido a que las plantas aguas abajo se van muriendo (Janeau et al., 1999). Lo anterior coincide con lo observado en los hidrogramas, donde los llanos muestran porcentajes de escurrimiento de hasta 99% cuando la superficie del suelo está saturada, lo que indica que funcionan como fuentes de escurrimiento para los mogotes (sumideros), que a pesar de que los hidrogramas muestran un comportamiento similar a los de los llanos, hay que tener en cuenta que se trata de simulaciones en suelo desnudo, por lo que resulta necesaria incluir también la implementación de simulaciones de lluvia en los parches de vegetación

dentro de los mogotes. Cabe mencionar que, el área del suelo desnudo en los mogotes es relativamente baja en comparación al área de los llanos, tal que las zonas sin vegetación vascular dentro de los mogotes contribuyen a la redistribución horizontal del agua y así aumentan su disponibilidad para el crecimiento de las plantas. A escala de paisaje son los llanos que funcionan como fuentes de escorrentía y que alimentan los mogotes. Por consiguiente, existen dos mecanismos a dos escalas distintas que favorecen el crecimiento de las comunidades vegetales en los mogotes; a escala local en las áreas desnudas dentro de los mogotes y a nivel de paisaje, en los llanos asociados a los mogotes.

En La Soledad se cuenta con las dunas, las cuales, se forman a partir del depósito de los sedimentos arrastrados de la laguna salina de Palomas por los vientos dominantes provenientes del oeste (CONANP, 2006; Grunberger et al., 2004). Esta laguna se encuentra a aproximadamente siete kilómetros de distancia del sitio de estudio y se ha observado que las dunas tienen una orientación perpendicular a la pendiente general del sitio, por lo que distribuyen los flujos de agua superficial reteniéndola o dirigiéndola, donde se establecen los mogotes. Esto coincide con las dunas presentes en el rancho experimental La Jornada, en Nuevo México, donde éstas funcionan como “diques” naturales, donde se acumula el agua y eventualmente se forman los parches de vegetación (Weems and Monger, 2012).

Dentro de este complejo paisaje se ha llevado a cabo la ganadería desde la época de la colonia, con diferentes modelos de propiedad de la tierra e intensidades (CONANP, 2006), pero hasta ahora siempre con un pastoreo libre continuo, donde la distribución de los pocos abrevaderos y el forraje han determinado la movilidad del ganado. Esto ha llevado a la adaptación del hato ganadero a las condiciones específicas del terreno, como se mencionó en la sección de resultados; y a un uso diferenciado espacial y temporalmente de los recursos presentes en las tres unidades de vegetación.

7.2. Efecto de la ganadería en la multifuncionalidad del paisaje de La Soledad

Las tres unidades de vegetación son diferentes en composición y estructura; e incluso en la textura del suelo para el caso de las dunas. Esto, aunado al uso diferenciado antes mencionado, causa que se comporten de distintas maneras al disturbio causado por la ganadería. Las dunas, por ejemplo, no mostraron un efecto significativo en la composición y estructura cuando se analizó con respecto a las abundancias ni con la riqueza de las especies

presentes, por separado, y las diferencias significativas en la diversidad obtenidas se deben principalmente a las dominancias de especies generalistas como Sangregrado (*Jatropha dioica*) en la baja intensidad. Sin embargo, si se tiene un recambio de especies en las tres intensidades de pastoreo de las dunas, donde destaca la alta abundancia de arbustos como la gobernadora (*Larrea tridentata*) en la alta intensidad, lo que puede significar que un pastoreo constante y prolongado propicia el establecimiento de este tipo de especies sobre otras; en algunos trabajos esto se ha relacionado con invasión de especies arbustivas (Báez and Collins, 2008), ya que la gobernadora, por poner un ejemplo, se establece mejor cuando los sitios han sido despejados de competidores (Peters et al., 2006). Al contrario, se observó que plantas como el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) está más presente en la intensidad media y poco presente en la alta intensidad, esto también puede significar un efecto indirecto del pastoreo, ya que esta especie es usada como forraje para el ganado en temporada seca. En el pasado, los pobladores quemaban las espinas de estas cactáceas *in situ*, por lo que éstas morían; además, el ganado equino, puede consumir esta especie sin ayuda del hombre. Actualmente se cosechan partes de ellas y se llevan a los comederos; esto puede explicar la poca abundancia de nopales (*Opuntia* spp.) en los gradsects cercanos a los abrevaderos (alta intensidad). Por último, las diferencias obtenidas en el índice de organización del paisaje sugieren que existen parches de vegetación más grandes en la intensidad media respecto a la intensidad alta, esto corresponde con las medias de cobertura total obtenidas, que aunque no se obtuvieron diferencias significativas, puede significar que la ganadería causa fragmentación de los parches en las dunas por un excesivo consumo de especies forrajeras (Ludwig et al., 1999).

Dichos parches de vegetación, forman islas de fertilidad donde están acumulados la mayoría de los nutrientes en las dunas (Garcia-Moya and McKell, 1970), en los cuales se observaron mayores concentraciones de nitrógeno y carbono y valores mayores en los índices del SSA, respecto al suelo desnudo. Sin embargo, el efecto del gradiente de intensidad de pastoreo sobre estos nutrientes no quedó claro, ya que si bien se obtuvieron diferencias significativas en las concentraciones de nitrógeno y carbono dentro de los parches de Tatalencho (*Menodora scabra*), las mayores concentraciones corresponden a la alta intensidad de pastoreo, contrariamente a lo esperado. Esto se puede deber tanto a ingresos de dichos nutrientes por las heces y la orina (Schipper et al., 2007), como a algún otro factor no

considerado en este estudio, por lo que se recomienda afondar en el tema en futuras investigaciones.

Por su parte, las evaluaciones realizadas por medio de los índices locales muestran que, según la percepción de los ejidatarios, las dunas que cumplen con sus necesidades e intereses se encuentran en la intensidad media, donde encuentran una mayor cobertura de especies deseables en buen estado, coincidiendo con lo antes mencionado. Debido a que existe una mayor diversidad y la mayor cobertura de la media intensidad (con respecto a la intensidad baja y alta), se podría decir que corresponde a un disturbio intermedio por parte de la ganadería histórica en el área (Connell and Slatyer, 1977), que promueve estas diferencias observadas, sin embargo, se necesitan más estudios para abordar dicho tema.

Los llanos, a su vez, tampoco presentan diferencias significativas en riqueza ni diversidad para las tres intensidades de pastoreo, sino que los efectos de la presencia del ganado se ven (al igual que en las dunas) en el cambio de las abundancias de especies forrajeras como el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) y el zacate borreguero (*Dasyochloa pulchella*), los cuales están mayormente presentes en las intensidades baja y media, respectivamente, coincidiendo, una vez más, con las evaluaciones con los índices locales. También, se observó que los llanos de la intensidad media tienen una menor densidad aparente, con respecto a las otras dos intensidades de pastoreo, lo cual puede significar una menor compactación causada por el pisoteo del ganado (Greenwood and McKenzie, 2001), lo que se ve reflejado en una mayor cobertura de costra biológica y por ende, en una concentración mayor de nitrógeno en el suelo. Vale la pena mencionar que en este estudio se consideró como cobertura de costra biológica a la costra negra visible, sin embargo, cuando se realizaron las simulaciones de lluvia, se observó que el suelo de los llanos de la alta intensidad que aparentemente no presentaban una cobertura de costra, si la tenían. No obstante, el efecto del pisoteo prolongado provoca cambios en la composición y estructura de la comunidad a nivel de la costra y por lo tanto, una disminución de su capacidad para brindar estabilidad y protección al suelo de la erosión eólica (Belnap and Gillette, 1997; Belnap and Eldridge, 2003; Jimenez Aguilar et al., 2009); y de la capacidad de fijación de nitrógeno (Liu et al., 2009).

Finalmente, los mogotes presentan un efecto significativo del gradiente de intensidad de pastoreo sobre la riqueza, donde la alta intensidad tiene más especies presentes que en las

intensidades alta y baja; donde destacan los arbustos forrajeros jazmín (*Aloysia wrightii*) y arbusto rosita (*Rhus microphylla*), los cuales solo están presentes en la alta intensidad. Así mismo, los mogotes pertenecientes a la alta intensidad de pastoreo presentan una cobertura vegetal mayor, comparados con los mogotes de las otras dos intensidades, esto se debió a que el método del cuadrante utilizado toma en cuenta la cobertura de los doseles pertenecientes a los arbustos, por lo que se entiende que ha existido un cambio de mogotes más abiertos (intensidades media y baja) a mogotes con mayor cantidad de arbustos, esto podría indicar una invasión de arbustivas por efecto del pastoreo prolongado en la zona (Báez and Collins, 2008; Milchunas and Lauenroth, 1993). El efecto del pastoreo se puede observar de igual manera, en las abundancias del pasto sabaneta (*Hilaria mutica*) en los mogotes, ya que cada planta fue considerada como un individuo, por lo que las mayores abundancias de sabaneta de los mogotes de la intensidad alta, con respecto a los mogotes de las otras dos intensidades, pudieron ser causadas por la fragmentación de los macollos por el efecto de la herbívora y el pisoteo del ganado (Guo et al., 2016). En el suelo, por otro lado, las concentraciones de nitrógeno y carbono dentro del parche de sabaneta (*Hilaria mutica*) y dentro del inter-parche de suelo desnudo de la intensidad alta son significativamente mayores que las concentraciones presentes en las otras intensidades, lo que puede ser el resultado de los aportes de heces y orina provenientes del ganado, coincidiendo con lo obtenido en este trabajo; o puede ser debido a que la retención del nitrógeno puede aumentar con una la mayor diversidad presente en los mogotes de la intensidad alta (Tilman et al., 1997). Por su parte, los índices de evaluación de la vegetación local no muestran una tendencia que indique diferencias entre las tres intensidades de pastoreo en mogotes, esto puede corresponder a que en este caso no son tan sensibles, ya que la mayoría de los mogotes satisfacen sus necesidades e intereses. Cabe mencionar que en el ejido La Soledad solo se contaban con indicadores de suelo que toman en cuenta, ya sea daños mayores y evidentes al suelo (como la presencia de arroyos/cárcavas) o la cobertura del suelo por parte de plantas perennes, por lo que el índice local de estabilidad del suelo no pudo reflejar tendencias de diferencias entre las intensidades de pastoreo de las tres unidades de vegetación, esto fue un área de oportunidad para el intercambio de conocimiento para lograr un aprendizaje en la comunidad (Stringer et al., 2006).

8. Conclusiones e Implicaciones para el manejo ganadero en La Soledad

El enfoque participativo de este trabajo propició la creación de relaciones de colaboración y confianza entre los investigadores y los pobladores, lo que permitió un adecuado flujo de información entre las dos partes y a resultados más integrados que atienden problemáticas locales reales. Este tipo de interacciones deberán ser utilizados para fortalecer las relaciones presentes entre los diferentes actores de la RBM y otros SSE, de manera que existan retroalimentaciones desde la escala local a escalas superiores y para crear relaciones entre científicos y otros actores.

La ganadería en la RBM es una actividad económica que depende de la interacción entre los pobladores, que la llevan a cabo, y la institución gubernamental, que la regula dentro del área protegida. Actualmente, el factor socioeconómico más importante para la toma de decisiones acerca del manejo ganadero es el programa de carne orgánica, el cual está relacionado con dicha relación y traerá cambios en el SSE.

Por su parte, en el ejido La Soledad se cuenta con un paisaje compuesto por las unidades de vegetación: duna, llano y mogote, las cuales están conectadas y relacionadas eco hidrológicamente. Las tres unidades de vegetación son afectadas de distintas maneras por el pastoreo, además, son utilizados en distintas épocas del año según la disponibilidad de recursos demandados por el ganado. Sin embargo, de forma general, el pastoreo afecta negativamente la estructura y composición de la vegetación de las dunas, llanos y mogotes, mayormente, a través del cambio en las abundancias de algunas especies. Todo esto tendrá que ser tomado en cuenta cuando se cambie el sistema de pastoreo libre continuo a uno rotacional, ya que los datos obtenidos muestran que este cambio podría ser perjudicial si las cargas animales aumentan con respecto a las actuales, pudiendo llevar a las unidades de vegetación a estados menos favorables para la ganadería, como aquellos dominados por arbustos, por lo que se tendrán que diseñar planes de manejo adaptativos participativos que tomen en cuenta la complejidad del paisaje y el conocimiento local.

9. Referencias

- Agrawal, A., Gibson, C.C., 1999. Enchantment and disenchantment: The role of community in natural resource conservation. *World Dev.* 27, 629–649. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00161-2](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00161-2)
- Amin, M., Isa, Z., 2008. An examination of the relationship between service quality perception and customer satisfaction: A SEM approach towards Malaysian Islamic banking. *Int. J. Islam. Middle East. Financ. Manag.* 1, 191–209. <https://doi.org/10.1108/17538390810901131>
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26, 36–46. <https://doi.org/10.1080/13645700903062353>
- Angassa, A., 2014. Effects of grazing intensity and bush encroachment on herbaceous species and rangeland condition in Southern Ethiopia. *L. Degrad. Dev.* 25, 438–451. <https://doi.org/10.1002/ldr.2160>
- Arnold, J.S., Fernandez-Gimenez, M., 2007. Building Social Capital Through Participatory Research: An Analysis of Collaboration on Tohono O’odham Tribal Rangelands in Arizona. *Soc. Nat. Resour.* 20, 481–495. <https://doi.org/10.1080/08941920701337887>
- Asseline, J., Valentin, C., 1978. Construction et mise au pint d'un infiltrometre a aspersion. *ORSTROM, ser. Hydol.* 15, 325–472.
- Báez, S., Collins, S.L., 2008. Shrub invasion decreases diversity and alters community stability in Northern Chihuahuan desert plant communities. *PLoS One* 3. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002332>
- Basupi, L.V., Quinn, C.H., Dougill, A.J., 2017. Using participatory mapping and a participatory geographic information system in pastoral land use investigation: Impacts of rangeland policy in Botswana. *Land use policy* 64, 363–373. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.03.007>
- Bautista, S., Llovet, J., Ocampo-Melgar, A., Vilagrosa, A., Mayor, G.A., Murias, C., Vallejo, V.R., Orr, B.J., 2017. Integrating knowledge exchange and the assessment of dryland management alternatives e A learning-centered participatory approach. *J. Environ. Manage.* 195, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.050>
- Bedunah, D.J., Angerer, J.P., 2012. Rangeland Degradation, Poverty, and Conflict: How Can Rangeland Scientists Contribute to Effective Responses and Solutions? *Rangel. Ecol. Manag.* 65, 606–612. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11>
- Bedunah, D.J., Schmith, S.M., 2006. Rangelands of Gobi Gurvan Saikhan National Conservation Park, Mongolia. *Rangelands* 22. <https://doi.org/10.2458/azu>
- Belnap, J., Eldridge, D., 2003. Disturbance and Recovery of Biological Soil Crusts BT - Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management, in: Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.), . Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 363–383. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8_27
- Belnap, J., Gillette, D.A., 1997. Disturbance of biological soil crusts: impacts on potential

wind erodibility of sandy desert soils in southeastern Utah. *L. Degrad. Dev.* 8, 355–362. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199712\)8:4<355::AID-LDR266>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199712)8:4<355::AID-LDR266>3.0.CO;2-H)

- Benjaminsen, T.A., 2017. Review of The Arid Lands. History, Power, Knowledge by Diana K. Davis. *Pastoralism* 7, 23. <https://doi.org/10.1186/s13570-017-0099-8>
- Bestelmeyer, B.T., Okin, G.S., Duniway, M.C., Archer, S.R., Sayre, N.F., Williamson, J.C., Herrick, J.E., 2015. Desertification, land use, and the transformation of global drylands. *Front. Ecol. Environ.* 13, 28–36. <https://doi.org/10.1890/140162>
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E.L., Burnsilver, S., Cundill, G., Dakos, V., Daw, T.M., Evans, L.S., Kotschy, K., Leitch, A.M., Meek, C., Quinlan, A., Raudsepp-hearne, C., Robards, M.D., Schoon, M.L., Schultz, L., C.West, P., 2012. Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, 421–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
- Bodirsky, B.L., Rolinski, S., Biewald, A., Weindl, I., 2015. Global Food Demand Scenarios for the 21 st Century. *PLoS One* 1–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.31008>
- Box, T., 2013a. Who Speaks for Rangelands ? *Rangelands* 35, 21–22.
- Box, T., 2013b. Who Listens to Rangelands ? *Rangelands* 35, 24–25.
- Briske, D.D., Bestelmeyer, B.T., Brown, J.R., 2014. Savory’s Unsubstantiated Claims Should Not Be Confused With Multipaddock Grazing. *Rangelands* 36, 39–42. <https://doi.org/10.2111/1551-501X-36.1.39>
- Briske, D.D., Bestelmeyer, B.T., Brown, J.R., Fuhlendorf, S.D., 2013. The Savory Method Can Not Green Deserts or Reverse Climate Change: A response to the Allan Savory TED video. *Rangelands* 35, 72–74. <https://doi.org/10.2111/RANGELANDS-D-13-00044.1>
- Briske, D.D., Sayre, N.F., Huntsinger, L., Fernandez-Gimenez, M., Budd, B., Derner, J.D., 2011. Origin, Persistence, and Resolution of the Rotational Grazing Debate: Integrating Human Dimensions Into Rangeland Research. *Rangel. Ecol. Manag.* 64, 325–334. <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00084.1>
- Bruegger, R.A., Jigjsuren, O., Fernández-Giménez, M.E., 2014. Herder Observations of Rangeland Change in Mongolia: Indicators, Causes, and Application to Community-Based Management. *Rangel. Ecol. Manag.* 67, 119–131. <https://doi.org/10.2111/REM-D-13-00124.1>
- Chartier, M.P., Rostagno, C.M., Pazos, G.E., 2011. Effects of soil degradation on infiltration rates in grazed semiarid rangelands of northeastern Patagonia, Argentina. *J. Arid Environ.* 75, 656–661. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.02.007>
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., von Maltitz, G. (Eds.), 2018. *World Atlas of Desertification*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- CONANP, 2006. Programa de Conservación y Manejo de Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. México D. F.

- Connell, J.H., Slatyer, R.O., 1977. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *Am. Saturalist* 111, 1119–1144. <https://doi.org/10.1017/S1743921313012957>
- Coppock, D.L., Desta, S., Tezera, S., Lelo, R.K., 2004. Pastoral Risk Management in Southern Ethiopia: Observations From Pilot Development Projects Based on Participatory Community Assessments. *ENVS Fac. Publ.* 1921–1931.
- Cornwall, A., Jewkes, R., 1995. What is participatory research? *Soc. Sci. Med.* 41, 1667–1676. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0277-9536\(95\)00127-S](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0277-9536(95)00127-S)
- Davidson-hunt, I.J., Flaherty, R.M.O., Researchers, R.M.O.F., Flaherty, O., 2007. Researchers , Indigenous Peoples , and Place-Based Learning Communities. *Society* 20, 291–305. <https://doi.org/10.1080/08941920601161312>
- Davis, D.K., 2016. *The Arid Lands*. Mit Press.
- Dekker, S.C., Rietkerk, M., Bierkens, M.F.P., 2007. Coupling microscale vegetation-soil water and macroscale vegetation-precipitation feedbacks in semiarid ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 13, 671–678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01327.x>
- Delhoume, J.P., 1992. Le milieu physique, in: Delhoume, J.P., Maury, M, E. (Eds.), *Actas Del Seminario Mapimí. Estudio de Las Relaciones Agua-Suelo-Vegetación En Una Zona Árida Del Norte de México Orientado a La Utilización Racional de Estos Recursos Para La Ganadería Extensiva de Bovinos*. Instituto de Ecología, A.C., Instituto Frances de Investigaciones Científicas para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM). Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos., p. 396.
- DiTomaso, J.M., 2000. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Sci.* 48, 255–265. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0255:IWIRSI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0255:IWIRSI]2.0.CO;2)
- Dodd, J.L., 1994. Desertification and Degradation of Africa’s Rangelands. *Rangelans* 16, 180–183.
- Duniway, M.C., Herrick, J.E., Pyke, D.A., P, D.T., 2010. Assessing Transportation Infrastructure Impacts on Rangelands: Test of a Standard Rangeland Assessment Protocol. *Rangel. Ecol. Manag.* 63, 524–536.
- Eldridge, D.J., Delgado-Baquerizo, M., Travers, S.K., Val, J., Oliver, I., 2017. Do grazing intensity and herbivore type affect soil health? Insights from a semi-arid productivity gradient. *J. Appl. Ecol.* 54, 976–985. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12834>
- FAO, 2008. Drylands, people and land use, in: Organization, F. and A. (Ed.), *Water and Cerials in Drylands*. Food and Agriculture Organization, pp. 5–16.
- Folke, C., 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Glob. Environ. Chang.* 16, 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., Rockström, J., 2010. Resilience Thinking : Integrating Resilience , Adaptability and. *Ecol. Soc.* 15.

- Garcia-Moya, E., McKell, C.M., 1970. Contribution of Shrubs to the Nitrogen Economy of a Desert-Wash Plant Community. *Ecology* 51, 81–88. <https://doi.org/10.2307/1933601>
- Gillison, A.N., Brewer, K.R.W., 1985. The use of gradient directed transects or gradsects in natural resource surveys. *J. Environ. Manage.* 20, 103–127.
- Grainger, A., 2015. Is Land Degradation Neutrality feasible in dry areas? *J. Arid Environ.* 112, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.05.014>
- Greenwood, K.L., McKenzie, B.M., 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41, 1231–1250.
- Groom, R.J., Western, D., 2013. Impact of Land Subdivision and Sedentarization on Wildlife in Kenya's Southern Rangelands. *Source Rangel. Ecol. Manag.* 66, 1–9. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11>
- Grunberger, O., Reyes -Gomez, V., Janeau, J.L. (eds)-, 2004. las playas del desierto chihuahuense.
- Guo, T., Lohmann, D., Ratzmann, G., Tietjen, B., 2016. Response of semi-arid savanna vegetation composition towards grazing along a precipitation gradient-The effect of including plant heterogeneity into an ecohydrological savanna model. *Ecol. Modell.* 325, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.01.004>
- Han, J.G., Zhang, Y.J., Wang, C.J., Bai, W.M., Wang, Y.R., Han, G.D., Li, L.H., 2008. Rangeland degradation and restoration management in China. *Rangel. J.* 30, 233–239. <https://doi.org/10.1071/RJ08009>
- Hawkins, H.-J., 2017. A global assessment of Holistic Planned Grazing™ compared with season-long, continuous grazing: meta-analysis findings. *African J. Range Forage Sci.* 34, 65–75. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1358213>
- Hernández, L., 2001. Historia Ambiental de la ganadería en México. Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4, 1–23.
- Hruska, T., Huntsinger, L., Brunson, M., Li, W., Marshall, N., Oviedo, J.L., Whitcomb, H., 2017. Rangelands as Social–Ecological Systems, in: Briske, D.D. (Ed.), *Rangelan Systems*. pp. 263–303.
- Huber-Sannwald, E., Palacios, M.R., Moreno, J.T.A., Braasch, M., Peña, R.M.M., Verduzco, J.G. de A., Santos, K.M., 2012. Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social-ecological systems: A case study from Mexico. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 367, 3158–3177. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0349>
- INEGI, 2014. Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INEGI, 2011. Capa Unión, Cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V.

- INEGI, 2004a. Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología Serie II escala 1:25000.
- INEGI, 2004b. Cartografía Edafología Serie II Escala 1:25000.
- Iriondo, J.M., Albert, M.J., Escudero, A., 2003. Structural equation modelling: An alternative for assessing causal relationships in threatened plant populations. *Biol. Conserv.* 113, 367–377. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00129-0)
- Janeau, J.L., Mauchamp, A., Tarin, G., 1999. The soil surface characteristics of vegetation stripes in Northern Mexico and their influences on the system hydrodynamics. An experimental approach. *Catena* 37, 165–173. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00059-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00059-9)
- Jimenez Aguilar, A., Huber-Sannwald, E., Belnap, J., Smart, D.R., Arredondo Moreno, J.T., 2009. Biological soil crusts exhibit a dynamic response to seasonal rain and release from grazing with implications for soil stability. *J. Arid Environ.* 73, 1158–1169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.05.009>
- Kaus, A., 1993. Environmental Perceptions and Social Relations in the Mapimi Biosphere Reserve. *Cult. Agric.* 45–46, 29–34. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07020398.x>
- Kindt, R., Coe, R., 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies, World Agroforestry Centre (ICRAF). Nairobi. <https://doi.org/10.1198/tas.2008.s264>
- Korkmaz, S., Goksuluk, D., Zararsiz, G., 2014. MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. *R J.* 6, 151–162.
- Liu, H., Han, X., Li, L., Huang, J., Liu, H., Li, X., 2009. Grazing Density Effects on Cover, Species Composition, and Nitrogen Fixation of Biological Soil Crust in an Inner Mongolia Steppe. *Rangel. Ecol. Manag.* 62, 321–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.2111/08-179.1>
- Ludwig, J.A., Tongway, D.J., 1995. Spatial organisation of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landsc. Ecol.* 10, 51–63. <https://doi.org/10.1007/BF00158553>
- Ludwig, J.A., Tongway, D.J., Marsden, S.G., 1999. Stripes, strands or stipples: Modelling the influence of three landscape banding patterns on resource capture and productivity in semi-arid woodlands, Australia. *Catena* 37, 257–273. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00067-8)
- Ludwig, J.A., Wilcox, B.P., Breshears, D.D., Tongway, D.J., Imeson, A.C., 2005. Vegetation Patches and Runoff-Erosion as Interacting Ecohydrological Processes in Semiarid Landscapes. *Ecology* 86, 288–297.
- Martí, J., n.d. La investigación - acción participativa. estructura y fases, in: Vallasante, T. (Ed.), *La Investigación Social Participativa. Construyendo Ciudadanía. El viejo Topo*, pp. 79–123.
- MEA, M.E., 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington,

DC. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>

- Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K., 1993. Quantitative Effects of Grazing on Vegetation and Soils Over a Global Range of Environments. *Ecol. Monogr.* 63, 327–366. <https://doi.org/10.2307/2937150>
- Montaña, C., 1988a. Las formaciones vegetales, in: Montaña, C. (Ed.), ESTUDIO INTEGRADO DE LOS RECURSOS VEGETACIÓN, SUELO Y AGUA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMÍ. Instituto de Ecología, pp. 199–225.
- Montaña, C., 1988b. Mayor vegetation and environment units, in: Montaña, C. (Ed.), ESTUDIO INTEGRADO DE LOS RECURSOS VEGETACIÓN, SUELO Y AGUA EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMÍ. Instituto de Ecología, pp. 99–115.
- Moraine, M., Melac, P., Ryschawy, J., Duru, M., Therond, O., 2017. A participatory method for the design and integrated assessment of crop-livestock systems in farmers' groups. *Ecol. Indic.* 72, 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.012>
- Mostacedo, B., Fredericksen, T.S., 2000. Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Odadi, W.O., Fargione, J., Rubenstein, D.I., 2017. Vegetation, Wildlife, and Livestock Responses to Planned Grazing Management in an African Pastoral Landscape. *L. Degrad. Dev.* <https://doi.org/10.1002/ldr.2725>
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Roeland, K., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, R.B., Simpson, L.G., Solymos, P., H. Stevens, M.H., Wagner, H., Szoecs, E., 2017. *vegan: Community Ecology Package*.
- Ostrom, E., 2009. A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems. *Science* (80-.). 325, 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Ostrom, E., 2007. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104, 15181–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104>
- Peters, D.P.C., Bestelmeyer, B.T., Havstad, K.M., Rango, A., Archer, S.R., Comrie, A.C., Gimblett, H.R., López-Hoffman, L., Sala, O.E., Vivoni, E.R., Brooks, M.L., Brown, J., Monger, H.C., Goldstein, J.H., Okin, G.S., Tweedie, C.E., 2013. 4.20 - Desertification of Rangelands, in: Pielke, R.A.B.T.-C.V. (Ed.), . Academic Press, Oxford, pp. 239–258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384703-4.00426-3>
- Peters, D.P.C., Yao, J., Gosz, J.R., 2006. Woody plant invasion at a semi-arid / arid transition zone : importance of ecosystem type to colonization and patch expansion. *J. Veg. Sci.* 17, 389–396. [https://doi.org/10.1658/1100-9233\(2006\)017\[0389:WPIAAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1658/1100-9233(2006)017[0389:WPIAAA]2.0.CO;2)
- Pickup, G., 1996. Estimating the Effects of Land Degradation and Rainfall Variation on Productivity in Rangelands: An Approach Using Remote Sensing and Models of Grazing and Herbage Dynamics. *J. Appl. Ecol.* 33, 819–832.
- Pickup, G., Bastin, G.N., Chewings, V.H., 1998. Identifying Trends in Land Degradation in

- Non-Equilibrium Rangelands. *J. Appl. Ecol.* 35, 365–377.
- Pyke, D.A., Herrick, J.E., Shaver, P., Pellant, M., 2002. Rangeland Health Attributes and Indicators for Qualitative Assessment. *J. Range Manag.* 55, 584–597.
- R Core Team, S.R., 2018. R: A language and environment for statistical computing.
- Ramírez-Carballo, H., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Rodríguez, J.G., Valdez-Cepeda, R.D., 2011. Evaluación Participativa De La Degradación Del Suelo En La Reserva De La Biosfera Mapimí. *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient.* XVII, 1–9. <https://doi.org/10.5154/r>.
- Rasch, S., Heckeley, T., Storm, H., Oomen, R., Naumann, C., 2017. Multi-scale resilience of a communal rangeland system in South Africa. *Ecol. Econ.* 131, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.012>
- Reed, M.S., Dougill, A.J., Taylor, M.J., 2007. Integrating local and scientific knowledge for adaptation to land degradation: Kalahari rangeland management options. *L. Degrad. Dev.* 18, 249–268. <https://doi.org/10.1002/ldr.777>
- Reyes-Gómez, V.M., Viramontes, D., Miranda-Ojeda, N., Sánchez-Rodríguez, P.B., Viramontes Olivas, O., 2007. Papel hidrológico-ambiental de las propiedades hidráulicas del suelo superficial de la cuenca del río Conchos. *Ing. hidráulica en México XXII*, 33–46. <https://doi.org/10.1002/pds.3864>
- Rietkerk, M., Dekker, S.C., Ruite, P.C., Koppel, J. van, 2004. Self-Organized Patchiness and Catastrophic Shifts in Ecosystems. *Science* (80-.). 305. <https://doi.org/10.1126/science.1101867>
- Roba, H.G., Oba, G., 2009. Efficacy of integrating herder knowledge and ecological methods for monitoring rangeland degradation in Northern Kenya. *Hum. Ecol.* 37, 589–612. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9271-0>
- Safriel, U., 2017. Land Degradation Neutrality (LDN) in drylands and beyond – where has it come from and where does it go. *Silva Fenica* 51, 1–19. <https://doi.org/10.14214/sf.1650>
- Safriel, U., Adeel, Z., Niemeijer, D., Puigdefabregas, J., White, R., Lal, R., Ziedler, J., Winslow, M., Prince, S., Archer, E., King, C., Shapiro, B., Wessels, K., Nielsen, T., Portnov, B., Reshef, I., Lachman, E., Mcnab, D., Thonell, J., 2005. Dryland systems, in: *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. pp. 625–653.
- Savory, A., 1983. The Savory Grazing Method or Holistic Resource Management. *Rangelands* 5, 155–159.
- Schipper, L.A., Baisden, W.T., Parfitt, R.L., Ross, C., Claydon, J.J., Arnold, G., 2007. Large losses of soil C and N from soil profiles under pasture in New Zealand during the past 20 years. *Glob. Chang. Biol.* 13, 1138–1144. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01366.x>
- Schumann, R.R., 2016. The Malpai Borderlands Project: A Stewardship Approach to Rangeland Management [WWW Document]. URL

- <https://geochange.er.usgs.gov/sw/responses/malpai/>
- SEMARNAT, 2003. Suelos de México [WWW Document]. URL http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication.*, University Illinois Press, Urbana, IL.
- SMN, S.M.N., 2010. Información Climatológica [WWW Document]. URL <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=dgo>
- Stavi, I., Lal, R., 2015. Achieving Zero Net Land Degradation: Challenges and opportunities. *J. Arid Environ.* 112, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.016>
- Stringer, L.C., Dougill, A.J., Fraser, E., Hubacek, K., Reed, M.S., Stringer, L.C., Dougill, A.J., Fraser, E., Hubacek, K., Prell, C., 2006. Unpacking “ Participation ” in the Adaptive Management of Social – ecological Systems : a Critical Review. *Ecol. Soc.* 11, 39.
- Teague, R., Borrelli, P., 2014. Deficiencies in the Briske et al. Rebuttal of the Savory Method: A Reply to the Letter From Andrés Cibils. *Rangelands* 36, 37–38. <https://doi.org/10.2111/1551-501X-36.1.37>
- Tilman, D., Lehman, C.L., Thomson, K.T., 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *PNAS* 94, 1857–1861. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.5.1857>
- Toledo, V., 2005. Repensar la conservación : ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Gac. ecológica* 77, 67–83. <https://doi.org/10.1590/S1984-92302004000300010>
- Tongway, D., Hindley, N., 2004. *LANDSCAPE FUNCTION ANALYSIS : PROCEDURES FOR MONITORING AND ASSESSING LANDSCAPES.* CSIRO Sustainable Ecosystems.
- Tongway, D., Valentin, C., Seghieri, J., 2001. *Banded Vegetation Patterning in Arid and Semiarid Environments: Ecological Processes and Consequences for Management.*
- UN, U.N., 2015. Metas para el desarrollo sostenible. [WWW Document]. URL <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- UNCCD, 2016a. Achieving Land Degradation Neutrality at the country level.
- UNCCD, 2016b. Informe político-científico, Marco científico conceptual para la neutralidad en la degradación de la tierras.
- UNCCD, 2012. Ecosystem based adaptation. [WWW Document]. URL <http://www.unccd.int/en/programmes/Event-and-campaigns/WDCD/Pages/What-is-Ecosystem-Based-Adaptation.aspx>
- Verstraete, M.M., Scholes, R.J., Smith, M.S., 2009. Climate and desertification: Looking at an old problem through new lenses. *Front. Ecol. Environ.* 7, 421–428. <https://doi.org/10.1890/080119>

- Walker, B., Abel, N., Anderies, J.M., Ryan, P., 2009. Walker et al_ Resilience, adaptability, and transformability in the Goulburn-Broken Catchment, Australia. *Ecol. Soc.* 14. <https://doi.org/12>
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G., Pritchard, R., 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach resilience management in social-ecological systems. *Conserv. Ecol.* 6, 14. <https://doi.org/10.5751/ES-00356-060114>
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004. Resilience, Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecol. Soc.* 9, 5. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.258101>
- Walker, B.H., Carpenter, S.R., Rockstrom, J., Peterson, G.D., 2012. Drivers Slow Variables Fast Variables Shocks and Resilience. *Ecol. Soc.* 17, 1–4.
- Weems, S.L., Monger, H.C., 2012. Banded vegetation-dune development during the Medieval Warm Period and 20th century, Chihuahuan Desert, New Mexico, USA. *Ecosphere* 3, art21. <https://doi.org/10.1890/ES11-00194.1>
- Westoby, M., Walker, B., Noy-meir, I., Westoby, M., Walker, B., Noy-meir, I., 1989. Opportunistic Management for Rangelands Not at Equilibrium. *J. or range Manag.* 42, 266–274.
- Wilcox, B.P., Thurow, T.L., 2006. Emerging Issues in Rangeland Ecohydrology: Vegetation Change and the Water Cycle. *Rangel. Ecol. Manag.* 59, 220–224. <https://doi.org/10.2111/05-090R1.1>
- Williams, R., Allred, B., Denio, R.M., Paulsen, H., 1968. Conservation, Development, and Use of the World's Rangelands. *J. Range Manag.* 21, 355–360.

10. Anexos

10.1. Anexo 1. Cuestionario 1

La razón por la que queremos entrevistarlo es porque nos interesa mucho su conocimiento sobre su agostadero, el ejido y la reserva de la biosfera de Mapimí. Nos interesa mucho conocer su historia y sus experiencias en el rancho pues consideramos que los sistemas de manejo del ganado y las áreas naturales protegidas deben considerar a los habitantes de la región. Esta investigación contribuirá a integrar de una mejor manera los intereses y conocimientos de los pobladores locales con los investigadores, ecólogos y biólogos, con los sectores de gobierno y con asociaciones civiles. Se le harán preguntas con relación al manejando ganado. No existe una respuesta correcta simplemente platique lo que quiera compartir, de la manera que quiera compartirlo.

1. Datos demográficos e históricos.

1.1. Nombre (opcional):

1.2. Edad:

1.3. Sexo: M() F()

1.4. Tiempo viviendo
en el ejido:

1.5. Nombre del ejido:

1.6. Fecha de fundación:

1.7. Número de pobladores 2017: Año de max. población__:

2. Acceso a la educación/ capacitación.

2.1 ¿Quién le enseñó sobre el manejo de su agostadero?

2.2. ¿Ha sido capacitado por la CONANP?

Si No

2.3. ¿Ha participado en proyectos de investigación en la RBM?

Si No

2.4. ¿Los hijos tienen acceso a escuelas de nivel básico?

1	2	3	4
Dentro de la RBM	Fuera de la RBM	No tienen acceso a escuelas	Otro

3. Actividades económicas

3.1. ¿Cuál es su principal actividad económica?

1	2	3	4
Ganadería	Comercio	Ecoturismo	Otro

3.2. ¿Qué porcentaje representa dicha actividad de todo su ingreso anual?

1	2	3	4
100%	75%	50%	Menos del 50%

3.3. ¿Desde hace cuánto su familia lleva a cabo dicha actividad?

3.4. ¿Cuenta con alguna otra fuente de ingreso que le represente ingresos a su familia? Si es el caso, señale en orden decreciente de importancia las siguientes actividades

1	2	3	4	5	6
Ganadería	Comercio	Ecoturismo	Otro	Remesas	No cuento con otra

3.5. ¿Recibe apoyo por parte de algún programa de gobierno?

1	2	3	4	5
PROGAN	PRODEZA	IPASA	Otro	No cuento con apoyos

4. Manejo ganadero.

4.1. ¿Cuántas vacas pastan en el ejido?

4.2. ¿Cuál es el porcentaje de esas vacas que le pertenecen a usted?

1	2	3	4	5
100%	75%	50%	25%	otro

4.3. ¿En qué forma vende el ganado?

1	2	3
Novillos de 4-6 meses	Vaquillas	Otro

4.4. ¿A dónde vende el ganado?

1	2	3	4
Exporta a EUA	Mercados locales (municipio)	Mercados regionales (estado)	Otros estados de México

4.5. ¿Qué tipo de manejo tiene de su ganado?

1	2	3	4
Libre continuo	En rotación con potreros	En rotación sin potreros	Otro

4.6. ¿Emplea forraje suplementario?

Si/cuando No

4.7. ¿Qué tipo de forraje suplementario emplea?

4.8. ¿Cuánto forraje suplementario proporciona a su ganado?

1	2
Cantidad	No suplemento

4.9. ¿De qué fuente es el agua que consumen sus animales?

1	2	3
Pozo	Bordo de abrevadero	Otro

4.10. ¿Cuánta agua consumen sus animales al día?

4.11. ¿Considera buena o mala la calidad de agua para su ganado?

1	2	3
buena	mala	regular

4.12. ¿El ejido cuenta con potreros?

1	2
Cantidad	No tiene

5. Carne orgánica

5.1. ¿Está participando en el proyecto de carne orgánica?

1	2	3
Sí	No	Por qué no participa

5.2. ¿Qué porcentaje de su tierra va a encerrar?

5.3. ¿Cuántos potreros y de qué tamaño tiene contemplado instalar?

5.4. ¿Va a monitorear el estado del agostadero a partir del cambio de manejo?

Si/¿como?	No
-----------	----

5.5. ¿Qué porcentaje de sus animales va a integrar en el programa de carne orgánica?

5.6. ¿Cuántas/cuales fuentes de agua para el ganado tiene el ejido

10.2. Anexo 2. Cuestionario de los aspectos socioeconómicos más importantes para el manejo ganadero.

La razón por la que queremos aplicar este cuestionario es para conocer cuáles son los aspectos más importantes para la toma de decisiones en el manejo del ganado; tomando en cuenta su opinión como pobladores y ganaderos. Esta investigación contribuirá a integrar de una mejor manera los intereses y conocimientos de los pobladores locales con los investigadores, con los sectores de gobierno y con asociaciones civiles. Se le harán preguntas para conocer su opinión, donde el 1 significa “Fuertemente en desacuerdo” y el 7 significa “Fuertemente de acuerdo”. No existe una respuesta correcta simplemente comparta su opinión, sus respuestas serán completamente anónimas.

1. Edad:

2. Sexo: M() F()

3. Tiempo siendo ganadero:

4. Nombre del ejido:

Indicador	Código de indicador
Diversificación de fuentes de ingresos	
La ganadería en la Reserva de la Biosfera de Mapimí necesita de dinero de las remesas para sostenerse.	x1
La ganadería en la Reserva de la Biosfera de Mapimí necesita de dinero de los programas de gobierno para sostenerse.	x2
Es mejor tener otra fuente de ingreso económico aparte de la ganadería para tener una mejor calidad de vida.	x3
El ecoturismo es una buena oportunidad para mi ejido como actividad complementaria a la ganadería.	x4
La producción de leche y queso es una buena fuente de ingreso familiar y por lo tanto influye en el manejo.	x5
Programa de carne orgánica	
El programa de carne orgánica mejorará la situación económico familiar	x6
Es necesario cambiar el sistema de manejo actual a uno rotacional para mejorar la producción ganadera	x7

El manejo rotacional requiere menos gasto de tiempo para manejar el ato.	x8
El manejo rotacional requiere menor gasto en mantenimiento de la infraestructura que el manejo libre continuo.	x9
Instalación de infraestructura	
Es necesario dividir en potreros para manejar mejor al ganado.	x10
Es necesario instalar mayor cantidad de bebederos en los agostaderos para mejorar el manejo ganadero	x11
Es necesario instalar tuberías para distribución del agua en los bebederos para mejorar el manejo ganadero.	x12
Las obras de restauración (bordos, microcuencas, etc.) aumentan la cantidad de forraje y, por lo tanto, traen beneficios al manejo ganadero.	x13
Conocimiento local	
Es importante el conocimiento de los ganaderos locales para un mejor manejo del ganado.	x14
El conocimiento de los ganaderos se origina desde generaciones atrás e influye en el manejo actual del ganado.	x15
Prefiero aprender de las experiencias de otros ganaderos a lo que está escrito en los libros para mejorar el manejo de mi ato.	x16
Es importante que las instituciones de gobierno y las asociaciones civiles tomen en cuenta las propuestas y recomendaciones hechas por los ganaderos para implementar mejores programas.	x17
Conocimiento adquirido (científico/técnico)	
Las capacitaciones llevadas a cabo por instituciones son necesarias para mejorar el manejo del ganado.	x18
La conservación del medio ambiente es importante y por lo tanto influye en la toma de decisiones para el manejo ganadero	x19
La condición de los agostaderos influye en el manejo ganadero.	x20
Relación con las instituciones de gobierno	
Es necesaria una buena comunicación con la CONANP para mejorar el manejo del ganado.	x21
La colaboración con PRONATURA mejorará de alguna manera el manejo ganadero.	x22

Los programas de CONAZA mejoran el manejo ganadero	x23
Los programas de CONANP tienen objetivos que son afines a la ganadería en la RBM	x24
Los programas de PRONATURA tienen objetivos que son afines a la ganadería en la RBM	x25
Organización del ejido	
Es necesario tener una buena relación con los otros ganaderos de mi ejido para tener un buen manejo del ganado	x26
Es necesario que exista un líder que guíe a los ganaderos en mi ejido	x27
Es necesario que no existan diferentes grupos en mi ejido para un buen manejo ganadero.	x28
Es necesario que mis hijos (si tiene) se interesen en la ganadería para continuar teniendo buenos resultados en el manejo del ganado	x29
Es necesario que las mujeres se integren a las actividades ganaderas.	x30
Relación con el medio biofísico	
La ganadería afecta a las poblaciones de tortuga del bolsón.	x31
La sequía influye en la toma de decisiones del manejo del ganado en la RBM.	x32
Los cercos afectan el movimiento de las poblaciones de venados, coyotes, jabalíes, etc.	x33
El sobrepastoreo afecta la condición de los agostaderos en la RBM.	x34
Pertenecer a una asociación ganadera tiene beneficios en el manejo ganadero.	x36
Contar con la asesoría de un veterinario mejora el manejo.	x37

¿Qué otro aspecto, que no fue mencionado en este cuestionario, es fundamental para el manejo ganadero en la RBM?

10.3. Anexo 3. Tabla de coordenadas de los gradsects con las claves de las dunas, llanos y mogotes y la distancia al aguaje más cercano en metros. Las coordenadas corresponden a formato UTM, datum WGS84 zona 13N.

Número gradsect	Intensidad	Clave	Punto inicial en la duna		Punto final en el mogote		Distancia al aguaje (m)
			X	Y	X	Y	
1	Baja	DB01, LB01, MB01	619211	2972224	619089	2972284	4063
2	Baja	DB02, LB02, MB02	613670	2975725	618858	2972162	3899
3	Baja	DB03, LB03, MB03	618543	2972931			3155
4	Baja	DB04, LB04, MB01	618443	2972803	618241	2972718	3112
5	Baja	DB05, LB05, MB05	617939	2973034			2968
6	Baja	DB06, LB06, MB06	618175	2972785	617941	2972781	2670
7	Alta	DA01, LA01, MA01	615981	2976033	615795	2976040	970
8	Alta	DA02, LA02, MA02	615733	2975859	619518	2975692	865
9	Alta	DA03, LA03, MA03	615633	2975533	615379	2975549	705
10	Alta	DA04, LA04, MA04	616026	2974503	615917	2974491	1070
11	Alta	DA05, LA05, MA05	617380	2976621	617143	2976629	1400
12	Alta	DA06, LA06, MA06	615754	2974673	615655	2974675	1012
13	Media	DM01, LM01, MM01	618283	2974346	618038	2974361	1865
14	Media	DM02, LM02, MM02	618432	2974285	618290	2974270	2111
15	Media	DM03, LM03, MM03	617266	2973188	617113	2973183	2260
16	Media	DM04, LM04, MM04	617695	2973588	617475	2973544	2066
17	Media	DM05, LM05, MM05	617629	2973719	617368	2973608	1944
18	Media	DM06, LM06, MM06	617101	2973967	616808	2973844	1518

10.4. Anexo 4. Formatos de indicadores locales de la funcionalidad del paisaje por duna, llano y mogote, respectivamente.

DUNA												
Plantas favorables	Presencia		Estado			Cobertura	Renuevo					
	Presente	Ausente	Completo	Despuntado	Acabado							
Ocotillo												
Chamizo												
Nopal												
Mirasoles												
Popotillo												
Pastos	Presencia		Color			Desarrollo %			Semilla		Cobertura	Renuevo
	Presente	Ausente	A	B	N	70-100	40-70	0-40	Sí	No		
Sporobolus												
Plantas negativas	Presencia		¿Se ve comido?									
	Presente	Ausente	Sí					No				
Yerba de la pulga												
Suelo	Presencia		Observaciones									
	Presente	Ausente										
Arroyos												

LLANO							
Cobertura	Baja		Media			Alta	
Plantas favorables	Presencia		Estado			Cobertura	Renuevo
	Presente	Ausente	Completo	Despuntado	Acabado		
Mezquite							
Nopal							
Pasto borreguero							
Magüey							
Plantas negativas	Presencia		¿Se ve comido?				
	Presente	Ausente					
Yerba de la pulga			Sí			No	
Suelo	Presencia		Observaciones				
	Presente	Ausente					
Arroyos							
Cobertura	Baja		Media			Alta	

MOGOTE												
Plantas favorables	Presencia		Estado			Cobertura	Renuevo					
	Presente	Ausente	Completo	Despuntado	Acabado							
Mezquite												
Jazmín												
Salvilla												
Mariola												
Engordacabras												
Pastos	Presencia		Color			Desarrollo %			Semilla		Cobertura	Renuevo
	Presente	Ausente	A	B	N	70-100	40-70	0-40	Sí	No		
Sabaneta												
Anuales												
Plantas negativas	Presencia		¿Se ve comido?									
	Presente	Ausente										
Yerba de la pulga												
Hojazen												
Suelo	Presencia		Observaciones									
	Presente	Ausente										
Arroyos												
Cobertura	Baja		Media					Alta				

10.5. Anexo 5. Componentes principales de los indicadores relevantes para la toma de decisiones en el manejo ganadero de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Obtenidos a partir del análisis ACP.

Indicador	CP1 (32.4 %)	CP2 (19.7 %)	CP3 (15.1 %)
x1	0.001605594	-0.257690833	0.139308988
x2	0.143688399	-0.066848974	0.14693824
x3	0.102617621	0.123142698	-0.053383246
x4	-0.229279054	-0.025924995	0.022030044
x5	-0.045053928	-0.019783172	-0.054189849
x6	-0.398321779	-0.001254612	0.10799517
x7	-0.375101129	-0.016376932	0.193641559
x8	-0.349025952	-0.080640903	0.17616202
x9	-0.224114598	-0.31057246	-0.043867252
x10	-0.326408545	-0.020671486	0.163301661
x11	0.02322065	-0.01512232	0.085646389
x12	0.02322065	-0.01512232	0.085646389
x13	-0.012890283	-0.00232895	0.120685346
x14	-0.025471934	-0.010827766	0.115986287
x15	0.041557693	-0.100226143	0.318102486
x16	0.068488892	0.037082748	0.101279365
x17	0.041145936	-0.091983523	0.048491454
x18	0.033907922	-0.185842359	0.001938401
x19	0.02322065	-0.01512232	0.085646389
x20	-0.027667211	-0.019730527	0.082305284
x21	0.044595194	-0.356562397	-0.081769588
x22	-0.1129305	0.009484803	0.127337184
x23	-0.174204735	0.005280541	0.152978023
x24	0.059188369	-0.108165475	0.057056398
x25	-0.059743456	-0.0826187	0.178791894
x26	0.033448149	-0.173714952	-0.018408554
x27	0.08068006	-0.388926301	-0.064639701
x28	-0.268309745	-0.144697737	-0.391539115
x29	-0.141373589	-0.379049771	-0.106916021
x30	0.04556862	-0.2375244	-0.150784533
x31	-0.260093356	0.395034054	-0.287020708
x32	0.153431482	-0.196283771	-0.337232927
x33	-0.226137161	0.062092792	-0.449737626
x34	-0.044128216	-0.016673761	-0.02270723
x35	-0.159278532	-0.079985029	-0.029560029
x36	0.018042433	-0.016181952	0.008564944

10.6. Anexo 6. Valores de largo y ancho de las dunas, llanos y mogotes medidos en el ejido La Soledad.

Dunas

Número	Intensidad	Ancho (m)	Largo (m)
1	alta	442	79
2	alta	227	79
3	alta	471	45
4	alta	433	80
5	alta	477	77
6	alta	143	77
7	alta	232	81
8	alta	311	31
9	media	548	107
10	media	229	66
11	media	153	56
12	media	242	53
13	media	547	55
14	media	200	60
15	media	487	196
16	media	449	90
17	media	262	71
18	media	262	100
19	baja	175	30
20	baja	130	56
21	baja	369	116
22	baja	332	65

Llanos

Número	Intensidad	Largo (m)	Ancho (m)
1	alta	304	160
2	alta	134	119
3	alta	219	364
4	alta	379	57
5	alta	273	275
6	alta	115	156
7	alta	127	224
8	media	98	314
9	media	100	289
10	media	78	170
11	media	57	210
12	media	71	160
13	media	40	165
14	media	159	307
15	media	55	122
16	baja	44	277
17	baja	20	92
18	baja	100	48
19	baja	30	147
20	baja	48	168
21	baja	307	198

Mogotes

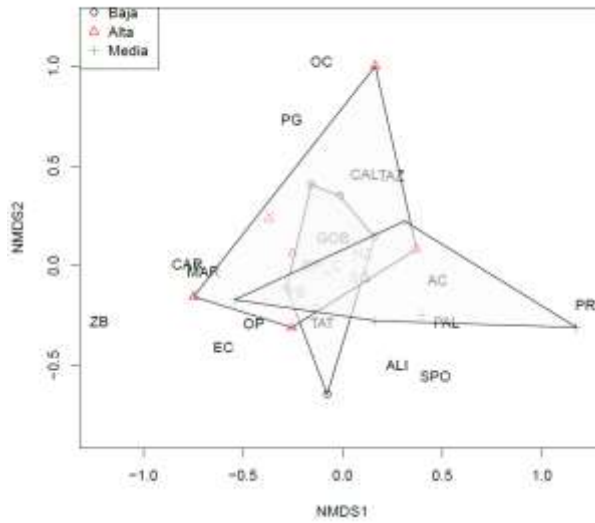
Número	Intensidad	Largo (m)	Ancho (m)
1	alta	74	182
2	alta	62	50
3	alta	60	52
4	alta	30	87
5	alta	37	32
6	alta	107	254
7	alta	70	67
8	alta	45	95
9	alta	22	64
10	alta	37	50
11	alta	62	29
12	alta	74	147
13	alta	50	100
14	alta	44	65
15	alta	54	88
16	alta	36	158
17	media	29	230
18	media	54	209
19	media	46	132
20	media	65	181
21	media	56	189
22	media	53	108
23	media	58	101
24	media	55	201
25	media	39	127
26	baja	50	190
27	baja	41	159
28	baja	47	190
29	baja	47	165
30	baja	45	148
31	baja	45	148
32	baja	57	122
33	baja	28	40
34	baja	80	227

10.7. Anexo 7. Lista de nombres locales y científicos de las especies presentes en la asociación duna-llano-mogote de La Soledad.

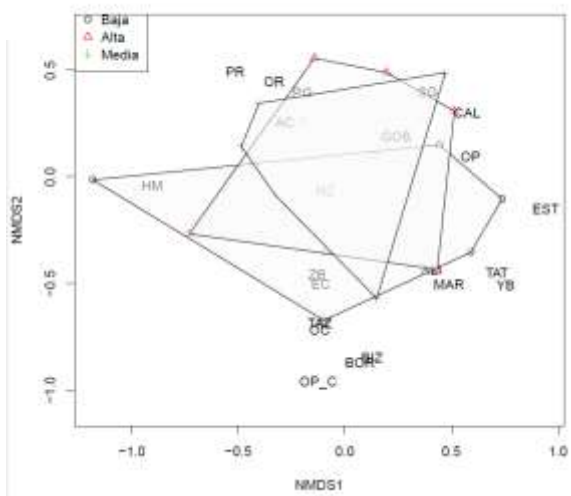
Nombre Local	Nombre Científico	Clave
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	PG
Palo prieto	<i>Acacia neovernicosa</i>	AC
Palo rojo	<i>Forestiera angustifolia</i>	PR
Palo blanco	<i>Citharexylum brachyanthum</i>	PB
Jazmín	<i>Aloysia wrightii</i>	JAZ
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	GOB
Hojasén	<i>Flourensia cernua</i>	HZ
Tatalencho	<i>Menodora scabra</i>	TAT
Mariola	<i>Parthenium incanum</i>	MAR
Orégano	<i>Lippia graveolens</i>	OR
Calderona	<i>Krameria grayi</i>	CAL
Yerba del burro	<i>Zinnia acerosa</i>	YB
Sabaneta	<i>Hilaria mutica</i>	HM
Sporobolus	<i>Sporobolus contractus</i>	SPO
Palmilla	<i>Yucca elata</i>	PAL
Sangregrado	<i>Jatropha dioica</i>	SG
Biznaga	<i>Ferocactus haematacanthus</i>	BIZ
Nopal rastrero	<i>Opuntia rastrera</i>	OP
Nopal Coyotillo	<i>Opuntia azurea</i>	OP_R
Nopal cegador	<i>Opuntia microdasys</i>	OP_C
Cardenche	<i>Opuntia imbricata</i>	CAR
Tazajillo	<i>Opuntia leptocaulis</i>	TAZ
Jarilla	<i>Baccharis salicifolia</i>	JAR
Ocotillo	<i>Fouquieria splendens</i>	OC
Estrellita	<i>Brickellia coulteri</i>	EST
Engorda cabras	<i>Lycium berlandieri</i>	EC
Zacate borreguero	<i>Dasyochloa pulchella</i>	ZB
Rosita	<i>Rhus microphylla</i>	ROS
Perritos	<i>Opuntia schottii</i>	PER
Alicoche	<i>Echinocereus enneacanthus subsp. enneacanthus</i>	ALI
Borrachitos	<i>Coryphantha macromeris</i>	BOR
Salvilla	<i>Buddleja scordioides</i>	SALV
Mirasoles	<i>Helianthus petiolaris</i>	MIRA
Popotillo	<i>Dalea scoparia</i>	POP
Chamizo	<i>Atriplex canescens</i>	CHAMI
Yerba de la pulga	<i>Oligomeris linifolia</i>	YP

10.8. Anexo 8. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basados en la abundancia de las especies de las unidades de vegetación: a) duna, b) llano y c) mogote.

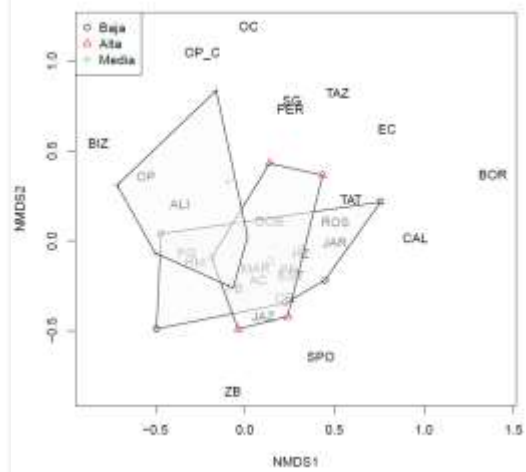
a)



b)



c)



10.9. Anexo 9. Resultados de la prueba SIMPER de duna, llano y mogote.

Duna

Alta - Baja	Porcentaje de contribución	Alta - Media	Porcentaje de contribución	Baja - Media	Porcentaje de contribución
HZ	0.04 (baja)				
OP	0.03 (baja)				
CAL	0.005 (baja)				

Llano

Alta - Baja	Porcentaje de contribución	Alta - Media	Porcentaje de contribución	Baja - Media	Porcentaje de contribución
				OP	0.04 (baja)

Mogote

Alta - Baja	Porcentaje de contribución	Alta - Media	Porcentaje de contribución	Baja - Media	Porcentaje de contribución
JAZ	0.02 (alta)	JAZ	0.03 (alta)	OP	0.002 (media)
ROS	0.01 (alta)	ROS	0.02 (alta)	OP_C	0.001 (media)
PG	0.01 (alta)			BIZ	0.001 (media)
				PR	0.01 (baja)

10.10. Anexo 10. Medias (\pm error estándar) de índices locales de evaluación de la funcionalidad del agostadero por cada intensidad de pastoreo (alta, media y baja) de las unidades de vegetación (duna, llano y mogote).

Unidad de vegetación	Intensidad	Plantas deseables	Estado de la vegetación	Capacidad de regeneración	Cobertura vegetal	Estabilidad del suelo
Duna	Alta	0.472\pm0.064 a	0.357\pm0.0572 a	0.452 \pm 0.167 NS	0.24\pm0.054 a	0.583 \pm 0.258 NS
	Media	0.668\pm0.104 b	0.483\pm0.0821 b	0.617 \pm 0.072 NS	0.35\pm0.056 b	0.625 \pm 0.137 NS
	Baja	0.39\pm0.201 a	0.342\pm0.142 a	0.428 \pm 0.201 NS	0.265\pm0.041 a	0.667 \pm 0.204 NS
Llano	Alta	0.417 \pm 0.204 NS	0.333 \pm 0.236 NS	0.375 \pm 0.137 NS	0.245 \pm 0.092NS	0.583 \pm 0.258 NS
	Media	0.542 \pm 0.292 NS	0.445 \pm 0.237 NS	0.417 \pm 0.204 NS	0.21 \pm 0.078 NS	0.458 \pm 0.102 NS
	Baja	0.292 \pm 0.102 NS	0.223 \pm 0.065 NS	0.208 \pm 0.102 NS	0.188 \pm 0.068NS	0.542 \pm 0.188 NS
Mogote	Alta	0.617 \pm 0.251 NS	0.52 \pm 0.104 NS	0.668 \pm 0.174 NS	0.452 \pm 0.109NS	0.875 \pm 0.137 NS
	Media	0.617 \pm 0.114 NS	0.505 \pm 0.083 NS	0.593 \pm 0.138 NS	0.473 \pm 0.065NS	0.875 \pm 0.137 NS
	Baja	0.570 \pm 0.088 NS	0.557 \pm 0.083 NS	0.518 \pm 0.094 NS	0.405 \pm 0.051NS	0.833 \pm 0.204 NS

Letras diferentes=diferencias significativas, determinadas a través de coeficientes relativos significativos del modelo de regresión lineal; NS=No significativa